

A TERMŐHELY, VALAMINT EGYES AGRO- ÉS FITOTECHNIKAI  
MŰVELETEK HATÁSA A SZŐLŐ MIKORRHIZA-KOLONIZÁCIÓJÁRA

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

**Donkó Ádám**

Témavezetők: Dr. Zanathy Gábor, Dr. Erős-Honti Zsolt

Budapest

2015

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Tóth Magdolna

egyetemi tanár, DSc

Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar

Gyümölcstermő Növények Tanszék

Témavezetők: Dr. Zanathy Gábor

egyetemi docens, CSc

Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Szőlészeti és

Borászati Intézet, Szőlészeti Tanszék

Dr. Erős-Honti Zsolt

egyetemi adjunktus, PhD

Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar

Növénytani Tanszék és Soroksári Botanikus Kert

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, azért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....  
Dr. Tóth Magdolna

.....  
Dr. Zanathy Gábor

.....  
Dr. Erős-Honti Zsolt

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezetők jóváhagyása

**A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2015. 10. 13 -i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:**

**BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:**

**Elnöke**

**Kállay Miklós, CSc**

**Pótelnöke**

**Tóth Magdolna, DSc**

**Tagjai**

**Mihalik Erzsébet, CSc**

**Péter Gábor, PhD**

**Varga Péter, PhD**

**Opponensek**

**Biró Borbála, DSc**

**Csikászné Krizsics Anna, PhD**

**Titkár**

**Fazekas István, PhD**

## Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
2.1. A mikorrhiza kapcsolatáról általában.....	9
2.2. A mikorrhiza-gazdanövény kölcsönhatás.....	10
2.2.1. A mikorrhiza-kapcsolat hatása a szőlő tápelem- és vízfelvételére.....	13
2.2.2. A mikorrhiza gombák szerepe a szőlő kártevőkkel szembeni védelmében.....	15
2.3. A szőlő mikorrhizáltságát befolyásoló környezeti tényezők.....	17
2.3.1. A termőhely és a talaj.....	17
2.3.2. Gazdanövény, és mikorrhiza-gombafajok.....	18
2.3.3. A termesztéstechnológia hatása a szőlő mikorrhizáltságára.....	19
2.4. A szőlő mesterséges mikorrhizálása.....	23
2.4.1. Mesterséges mikorrhizálás különböző korú ültetvényekben.....	23
2.4.2. A mesterséges mikorrhizálás hazai eredményei.....	24
3. CÉLKITŰZÉS.....	25
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	27
4.1. Kísérleti helyszínek és jellemzésük.....	27
4.1.1. Szigetcsépi kísérleti helyszín.....	27
4.1.2. Gál Szőlőbirtok és Pincészet, Szigetcsép.....	31
4.1.3. Egri kísérleti helyszín.....	33
4.1.4. Villangó Szőlőbirtok, Eger.....	35
4.2. Rügyterhelési és lombtrágyázási kísérletek.....	37
4.2.1. Rügyterhelési és lombtrágyázási kísérlet a BCE SZBI Szigetcsépi Tangazdaságban.....	37
4.2.2. Rügyterhelési kísérlet a Gál Szőlőbirtok és Pincészet (Szigetcsép) területén.....	41
4.3. Lejtős területű szőlőültetvény eltérő tengerszint feletti magasságú szőlőparcelláinak mikorrhiza-kolonizációjának vizsgálata (Villangó Szőlőbirtok, Eger).....	42
4.4. A szőlő mikorrhizáltság és vízpotenciál vizsgálata.....	45
4.5. További vizsgálatok.....	49
4.5.1. A levelek tápanyagtartalma.....	49

4.5.2. A termésmennyiség, vesszőtömeg, titrálható savtartalom és mustsűrűség meghatározása	49
4.6 Statisztikai analízis	50
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKEELÉSÜK	51
5.1. Az eltérő rügyterhelés, csonkázás és a foszfor-hangsúlyos lombtrágyázás kezelések eredményei (BCE SZBI Szigetcsépi Tangazdaság)	51
5. 1. 1. Kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei	51
5. 1. 2. Termésmennyiség, vesszőtömeg, termőegyensúly eredmények	59
5. 1. 3. A termés minősége (mustsűrűség, titrálható savtartalom)	63
5. 1. 4. Vízpontenciál mérési eredmények	66
5. 1. 5. A levélanalízis eredményei	68
5.2. Eltérő rügyterhelés hatása a mikorrhizáltságra (Gál Szőlőbirtok és Pincészet, Szigetcsép)	70
5.2.1. A mikorrhiza kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei	70
5.3. Mikorrhiza vizsgálat eredményei a talajnedvesség-grádiens függvényében (Villangó Szőlőbirtok, Eger)	74
5.3.1. A mikorrhiza kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %), arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei a kísérleti parcellákon	74
5.3.2. Termésmennyiség vizsgálat eredményei	79
5.3.3. Termésminőség vizsgálat eredményei	81
5.3.4. Vízpontenciál mérési eredmények az egyes parcellákon	81
5.3.5. A vizsgált parcellákról gyűjtött levélminták analízisének eredményei	82
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	84
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	85
8. ÖSSZEFOGLALÁS	87
8.1. Terhelés és foszfor-hangsúlyos lombtrágyázás hatása a mikorrhiza-kolonizációra (BCE SZBI Szigetcsépi Tangazdaság)	87
8.2. Eltérő rügyterhelés hatása a szőlő mikorrhizáltságára (Gál Szőlőbirtok és Pincészet, Szigetcsép)	88

8.3. Mikorrhiza vizsgálat a talajnedvesség-grádiens függvényében (Villangó Szőlőbirtok, Eger)	89
9. SUMMARY	90
9.1. Effects of bud load and phosphorus spray fertilisation on the degree of mycorrhizal colonization	90
9.2. Investigation of the effect of different bud load on the mycorrhizal colonization of the grape	91
9.3. Changes of mycorrhizal colonization along a moist gradient in a vineyard of Eger	92
10. IRODALOMJEGYZÉK	94
11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	109

## 1. BEVEZETÉS

A szőlőtermesztés hagyománya több évezredes múltra tekint vissza. Ez idő alatt számos szemszögből került vizsgálat alá a szőlő és a belőle készített bor, a szőlővel szimbiózisban élő gombákról (mikorrhiza-kapcsolatról) azonban csak 1900 óta tudunk. Ha kertészeti és mezőgazdasági növényekkel kapcsolatban gombákról hallunk, legtöbbször a növények számára káros, patogén gombák jutnak az eszünkbe. Fontos, hogy a témával foglalkozók felismerjék a mikorrhiza-kapcsolat jelentőségét, s olyan termesztési gyakorlatot dolgozzanak ki, mely elősegíti e hasznos szervezetek zavartalan tevékenységét, így a szőlő kiegyenlített növekedését, optimális víz-és tápanyagfelvételét, biotikus és abiotikus stresszhatásokkal szembeni eredményesebb fellépését.

Az utóbbi évtizedekben mind nagyobb figyelem fordul a talajkímélő/ökológiai szemléletű talajapolási módszerek felé. Ez a jelenség több okra vezethető vissza: a hegy-völgy irányú sorvezetésű, meredek lejtésű ültetvényekben a szélsőségesebbé váló időjárási elemek hatására jelentős eróziós károk léptek/lépnek fel. A másik ok az egyoldalú mechanikai művelésmód leváltása, és a biodiverzitás fokozása, hazai körülmények közé adaptált fajgazdag sorköztakaró alkalmazásával „élő ültetvény” kialakítása. A mikorrhizaképző gombák szempontjából ez azért lényeges, mert egyidejűleg több növény kolonizációjára, közös mikorrhiza hálózat létrehozására is képesek. Előnyei különösképp figyelemreméltóak kedvezőtlen edafikus és klimatikus körülmények között, mint például sok esetben a Kunsági borvidéken, amely az ország legnagyobb borvidéke is egyben. És bár mind gyakoribb technológiai elem a fűrtválogatás, gondos zöldmunkázás, illetve minőségi borkészítéshez jó beltartalmi értékekkel bíró termést adó, kisebb egyedi tőketerhelés alkalmazása (egyben nagyobb hektáronkénti tőkeszám, kisebb tőkénkénti tenyészterület), előfordulnak még az inkább mennyiségi termelést preferáló ültetvények is, jelentős rügyterhelést alkalmazva. A nagy terhelés, a tőkék nagyobb mértékű igénybevétele, műtrágyák alkalmazása megrövidíti egy ültetvény életét, a tőkekonfúzióra, természetes ellenállóképességre is rossz hatással van. A mikorrhizaképző gombák a víz- és tápanyagfelvételben játszott szerepükért „cserébe” szénhidrátokhoz jutnak. Túlterhelt, legyengült, fenntartó műtrágyázásban, folyamatos talajbolygatásban, szigorú kémiai növényvédelemben részesülő ültetvények esetén azonban sérülhet a szimbiózis sikeressége.

Ha a talaj nagy mennyiségben tartalmazza az őshonos mikorrhiza-gombák inokulumait, rendszerint nem érdemes mesterséges oltást végezni. A mikorrhiza kapcsolat tudatos hasznosítása kiemelt jelentőségű az oltványiskolai gyakorlatban, a fiatal telepítések indításakor, a környezetkímélő szőlőtermesztésben, illetve azokban az ültetvényekben, ahol nem áll rendelkezésre elegendő víz illetve tápanyag.

Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy a szőlővel szimbiózisban élő gombatárs szerepe

nem hagyható figyelmen kívül a szőlőtermesztésben. A klímaváltozás következtében egyre gyakoribbá váló szélsőséges időjárási elemek hatásainak, egyéb biotikus és abiotikus stresszhatások kivédésében segítségére lehet a szőlőnek, továbbá, új telepítésnél – különösen homoktalajokon – mesterséges mikorrhizálással az eredési arány is fokozható, erőteljesebb hajtásnövekedés mellett.



## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A mikorrhiza kapcsolatáról általában

Gombák és növények hallatán a legtöbb agrárszakembernek a növényeket károsító, parazita gombák jutnak az eszébe. Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy léteznek növényekkel együtt élő, szimbionta, úgynevezett mikorrhiza gombák, mely esetben gombák és növények mutualisztikus, kölcsönös igények alapján kialakult kapcsolatáról beszélhetünk (Carlile és Watkinson, 1994). A szárazföldön élő növények mintegy 80-90 %-ánál kialakul a mikorrhiza-kapcsolat (Malloch et al. 1980). A mikorrhiza kifejezést a görög mukes (gomba) és rhizo (gyökér) szavak összekapcsolásával először Albert Bernhard Frank alkalmazta 1885-ben, és állapította meg a kapcsolat mutualisztikus jellegét (Frank és Trappe 2005). A kapcsolat fő tényezője, hogy a gombatárs ásványi anyagokkal és vízzel látja el a gazdanövényt, a gomba pedig anyagcsere folyamataihoz szükséges szénhidrátokban részesül (Smith et al. 1994, Gianinazzi et al. 2010). A mikorrhiza gombák elsődleges felosztása a hifák és a növényi szövetek egymáshoz viszonyított térbeli helyzetén alapszik (Erős-Honti 2009). Ha a hifák behatolnak a sejtekbe, úgynevezett endomikorrhizáról, ha pedig a sejtek között futnak, ektomikorrhizáról (Smith és Read 1997), e két csoport közötti átmeneti típusnál pedig ektendomikorrhizáról beszélünk (Yu et al. 2001). Míg az ektomikorrhizákra hifákból képződő gombaköpeny jellemző, anyagátadási felületük a Hartig-háló, az endomikorrhizáknál ez utóbbi céljából úgynevezett arbuszkulumok - a fák koronájára emlékeztető hifaelágazások - fejlődnek, a tápanyagok raktározására pedig az úgynevezett vezikulumok szolgálnak (Smith és Read 1997, Schreiner, 2005). Ami az elterjedtségüket illeti, vezikuláris-arbuszkuláris mikorrhiza kapcsolat alakul ki a leggyakrabban (Wang és Qui 2006). A vezikulumok képzését régebben általánosnak tartották, ezért e gombákat vezikuláris-arbuszkuláris mikorrhizáknak (VAM) nevezték. A vezikulumok képzése azonban nem minden ide tartozó gombafajra jellemző, ezért újabban az arbuszkuláris mikorrhiza (AM) megnevezést használjuk (Baumgartner, 2003).

Az endomikorrhizák vegetatív úton keletkező spórákkal szaporodnak, melyek a kiágazó extraradikális hifákon képződnek. A spórák leginkább a gyökerek által sűrűn behálózott talajrétegekben fordulnak elő. A spóraszám és a kolonizáció mértéke közötti összefüggés nem minden esetben jellemző (Schubert és Cravero 1985), de bizonyos esetekben kimutatható a pozitív korreláció (Meyer et al. 2005). A spórák száma Schubert és Cravero (1985) megállapítása szerint nyár elejétől ősziig rendszerint növekszik, Karagiannidis et al. (1997) eredményei alapján azonban a maximális spóraszám tavasz végén, illetve nyár elején alakul ki. A spórák szélllel, vízzel, talajlakó élőlényekkel (Seres 2009), de akár a talajművelő gépek segítségével is terjedhetnek (Baumgartner 2003). A gomba gazdaszervezetben való megjelenésének, vagyis a

fertőzésnek többféle forrása is lehet: kiindulhat az idősebb, már fertőzött gyökerekből, a fertőzött gyökerekből kiágazó hifákon kialakuló spórákból, vagy pedig teljesen különálló, a talajban izoláltan elhelyezkedő spórákból. A spórákat tartalmazó talaj esetén a kolonizáltság a gyökér megjelenését követő mintegy 15 napon belül már kimutatható (Deal et al. 1972). A gomba a hajszálgyökereket fertőzi meg. A spóra csírázása akkor indul el, ha a közelben egy potenciális gazdanövény gyökere jelenik meg. A fertőző hifák fejlődésére gyökér által kiválasztott anyagok fenolos összetevői minden bizonnyal serkentőleg hatnak (Baumgartner 2003).

A növények tápanyagfelvétele számos tényezőtől, többek közt a talaj tulajdonságaitól és az ültetvényben folytatott talajműveléstől, tápanyag-gazdálkodástól is függ. A könnyen felvehető tápanyagokban szegény talajok esetén nagyobb a jelentősége a mikorrhizáltságnak. Amennyiben a talaj tápanyagokban gazdag, az átadott szénhidrátok nagyobb veszteséget jelenthetnek, mint amennyit nyerhet a növény a többlet tápelem-felvétellel (Ryan és Graham 2002), így a kapcsolat intenzitása a kialakulást követően is megváltozhat (Johnson et al. 1997, Egger és Hibbett 2004). A mikorrhiza gombák segítségével elsősorban azon tápelemek felvétele válik hatékonyabbá, amelyeknek ionos formában kicsi a mozgékonyasága a talajban, illetve alacsony a koncentrációjuk a talajoldatban. A nehezen hozzáférhető foszfor mobilizálásán és növény általi felvételének segítésén túl a gombatárs képes az együttműködésre a foszfor oldódását segítő baktériumokkal. Általánosan jellemző a foszfor mellett a cink- és a rézfelvétel elősegítése, de a mikorrhiza-kapcsolat révén fokozódhat a nitrogén, a kálium, a kalcium, a magnézium, a kén, illetve a bór és a vas felvétele is (Marschner 1997, Smith és Read, 1997, Clark és Zeto 2000). A mikorrhiza gombáknak nagy szerepe van az ember szempontjából káros, talajeredetű patogénekkal szembeni ellenállásban is.

A mikorrhizaképző gombák növényi partner tekintetében rendszerint nem specifikusak, hiszen egyidejűleg több növény kolonizációjára is képesek lehetnek (Francis és Read 1984, Dickie et al. 2004, Lian et al. 2006). A kialakult hálózat - CMN (common mycelial network, Selosse et al. 2006) - segítségével tápanyag- és vízszállítás valósulhat meg a szőlőültetvény egyes növényei között (Baumgartner 2003, Cheng és Baumgartner 2005).

## 2.2. A mikorrhiza-gazdanövény kölcsönhatás

A szőlő mikorrhizáltságáról elsőként Stahl számolt be 1900-ban (Possingham és Obbink 1971). A későbbiekben Peyronnell (1923 in Possingham és Obbink 1971) és Rives (1926, 1927 in Possingham és Obbink 1971) leírta a szőlőnövénnyel vezikuláris - arbuszkuláris mikorrhiza (VAM) kapcsolatának sajátosságait.

A mikorrhizaképző gombák jelen vannak a (talajfetőtlenítésben nem részesült) szőlőtermő területek talajában, így nincs akadálya a kolonizáció kialakulásának (Possingham és

Obbink 1971, Deal et al. 1972, Menge et al. 1983, Nappi et al. 1985). Amint a spórából fejlődő hifa eléri a gyökeret, a felszínen nő tovább, majd vége megduzzad, appresszóriumot képez. A hifa az appresszóriumból kiindulva behatol, majd szétterjed a gyökér szövetébe. Miután a gombafonalak, behatolnak a gyökérbe, kezdetben a sejtek közötti térben növekszenek, majd behatolnak a sejtekbe is (Gebbing et al. 1977).

A mikorrhiza kialakulása sok szénhidrát felhasználással jár. Mortimer et al. (2005) szerint a gombatárs az eltelepített szőlőültvényről növekedésének első szakaszában (0-67 nap) jelentős mennyiségű szénhidrátot vont el. A növény növekedési erélye ebben az időszakban kisebbnek bizonyul, mint a nem mikorrhizált növényeké. A kapcsolat kialakulását követően (68-119 nap) azonban a mikorrhizált növény növekedett erőteljesebben.

Az endomikorrhizaképző gombák általános sajátossága, hogy a gazdanövény gyökerében, a kéreg sejtjeiben arbuszkulumokat hoznak létre. Az arbuszkulumok a fák koronájára emlékeztetően elágazó hifavégek. Jelentős méretű felületük biztosítja a növény és a gomba közti kölcsönös tápanyagcserét (Schreiner 2005). A gomba és a gazdanövény közti kapcsolat funkcióképességét éppen ezért nem is a kolonizáltság, vagyis a mikorrhizált gyökérszakaszok aránya, hanem a kolonizált gyökérszakaszokon fellelhető arbuszkulumok mennyisége jelzi (Pinkerton et al. 2004, Schreiner 2005). Az arbuszkulumok száma tavasszal rendszerint megemelkedik, nyáron többnyire változatlan marad, ősszel, illetve télen csökken (Schreiner és Linderman 2005). Nedves őszi időjárás esetén az arbuszkulumok gyakorisága jelentős mértékben csökken (Schreiner 2005).

Az endomikorrhizaképző gombák a *Glomeromycota* rendszertani törzsbe tartoznak (Brundrett 2002). A szőlőültvényekben rendszerint az *Acaulospora*, a *Gigaspora*, a *Glomus*, és a *Scutellospora* nemzetségekhez tartozó fajok lelhetők fel. A szőlőben leggyakrabban a *Glomus* fajok fordulnak elő, például a *G. aggregatum*, a *G. deserticola*, a *G. fasciculatum*, a *G. macrocarpum*, a *G. microcarpum*, a *G. monosporum*, a *G. mosseae* és a *G. occultum* (Possingham és Obbink 1971, Deal et al. 1972, Menge et al. 1983, Schubert és Cravero 1985, Nappi et al. 1985, Karagiannidis et al. 1997; Meyer et al. 2005). A mintavételezések azt igazolják, hogy a mikorrhiza-képző gombák a szőlőültvényekben széles körben elterjedtek; a gyökerek szabadföldi körülmények közt gyakran jelentős mértékben mikorrhizáltak. Mind a magonc, mind a saját gyökerű, mind pedig az oltvány, illetve alanyszőlők, valamint az egyes szőlőfajok gyökerein megtalálhatók a gombapartnerek/mikorrhiza-partnerek (Possingham és Obbink 1971, Deal et al. 1972, Gebbing et al. 1977, Schubert és Cravero 1985, Karagiannidis et al. 1997, Schreiner 2003). Mikorrhiza-kapcsolat kimutatható az üvegházi szőlők esetében is (Gebbing et al. 1977). A mikorrhizaképző gombafajok összetétele borvidékenként, de akár dűlönként is eltérő lehet (Cheng és Baumgartner 2004). A szőlővel szomszédos növénykultúrák

talajában – a szőlőtáblákhoz való közelség ellenére – gyakran eltérő gombafaj-összetétel mutatható ki (Schubert és Cravero 1985). Ez többek közt azzal magyarázható, hogy az egyes AM-képző gombafajok eltérően viselik el a különböző termesztéstechnológiai hatásokat (Schreiner 2005).

A mikorrhiza-kapcsolat kiemelkedő fontosságú mindazon növények számára, melyek gyökerei nem hálózzák be intenzíven a talajt, hajszálgökereik viszonylag vastagok, s egyúttal kevés számú, rövid gyökérszört fejlesztenek (Eissenstat 1992). A szőlő gyökérzete a leírtaknak megfelelő sajátosságokkal rendelkezik, ezért víz- és tápanyag-ellátásában, kiegyenlített növekedésében a gyökérkapcsoltság igen fontos szerepet játszik (Menge et al. 1983, Schubert et al. 1988, Karagiannidis et al. 1995, Bavaresco et al. 1996, Biricolti et al. 1997, Petgen et al. 1998, Schreiner 2005). A mikorrhiza-képző gombák hajszálgökereknél jóval vékonyabb, 1-5-12  $\mu\text{m}$  átmérőjű hifái a gazdanövény számára nem hozzáférhető tápanyagok feltárására is alkalmasak (Abbott és Robson 1985, Smith és Read 1997).

A gombapartner megsemmisülésével járó szabadföldi és tenyészedényes kísérletek azt igazolják, hogy a szőlő kiegyenlített növekedése, fejlődése a mikorrhiza kapcsolattól is függ. A mikorrhizált szőlők szinte kivétel nélkül erőteljesen növekednek, viszont a steril, AM gombától mentes talajon gyenge növekedésűek maradnak (Possingham és Obbink 1971, Deal et al. 1972, Gebbing et al. 1977, Menge et al. 1983, Karagiannidis et al. 1995, Biricolti et al. 1997, Schubert et al. 1988, Linderman és Davis 2001, Petgen 2005). A mesterséges mikorrhizálás elsősorban a talajfertőtlenítésben részesített, foszforban szegény talajokon idéz elő látványos növekedésbeli eltérést a kontrollhoz képest (Menge et al. 1983, Schubert et al. 1988, Karagiannidis et al. 1995, Linderman és Davis 2001). A beoltott szőlők első- és másodrendű hajtásai a tenyészidő végére közel kétszer olyan hosszúak lehetnek, mint a kontrollé (Biricolti et al. 1997, Linderman és Davis 2001). Az inokulálás növeli a hajtások víztartalmát (Gebbing et al. 1977) és szárazanyag-tartalmát (Karagiannidis et al. 1995, Bavaresco és Fogher 1996). Akár viszonylag csekély mértékű mikorrhizáltság esetében is kimutatható a különbség a kezelt és a kontroll növények szárazanyag-tartalmában (Petgen et al. 1998).

Nemcsak a hajtások, hanem a gyökérzet növekedése is megváltozik a mikorrhizák kialakulása nyomán (Kothari et al. 1991). A különböző mikorrhizaképző gombafajok eltérő morfológiai sajátosságokat eredményezhetnek, s a változások minden bizonnyal a mikorrhizáltság fokától is függenek. A mikorrhizált gyökérrendszer általában gazdagabban elágazik, mint a mikorrhiza kapcsolat nélküli (Schellenbaum et al. 1991; Augín et al. 2004, Omar 2007).

### 2.2.1. A mikorrhiza-kapcsolat hatása a szőlő tápelem- és vízfelvételére

A gomba-növény kapcsolatokban általánosan megfigyelhető a foszfor mellett a cink- és a réz felvételének elősegítése, fokozódhat a nitrogén, a kálium, a kalcium, a magnézium, a kén, a bór és a vas felvétele is (Marschner 1997, Smith és Read 1997, Clark és Zeto 2000). A foszfor felvétele mellett kisebb mértékű a cink- és rézfelvétel fokozódása (Biricolti et al., 1997, Karagiannidis et al. 1995, Petgen et al. 1998, Petgen 2004, Karagiannidis és Nikolaou 1999). A levelek kálium-, kalcium- és vas-, bór- és mangántartalmát illetően ugyanakkor nem lehet teljesen egyértelmű, ellentmondásokról mentes kijelentéseket tenni (Bavaresco és Fogher 1992, Petgen et al. 1998, Biricolti et al. 1997).

A mikorrhizált szőlő analízise során a kutatók egyértelműen igazolták gombatárs révén kedvezőbbé váló foszforellátottságot (Possingham és Obbink 1971, Deal et al. 1972, Gebbing et al. 1977, Karagiannidis et al. 1995, Bavaresco és Fogher 1996, Biricolti et al. 1997, Petgen et al., 1998, Nikolau et al. 2003, Schreiner 2005). A mikorrhizált növények képesek felvenni a talaj nehezen oldható foszforvegyületeit (Tinker 1982); a foszfor felvétele abban az esetben is megvalósulhat, ha az például nehezen oldódó Fe- vagy Al-foszfát formában van jelen (Karagiannidis et al. 1997). Ennek köszönhetően azokban az ültetvényekben is optimális lehet a foszfor-ellátottság, ahol alacsony a talaj könnyen felvehető P-tartalma (Karagiannidis et al. 1995). A mikorrhizált szőlő P-felvétele száraz termőhelyeken is jelentős (Schreiner 2005). A mikorrhiza gombák fokozta P-felvétel a kísérletek tanulsága szerint, kevésbé függ a talaj pH-értékétől (Biricolti et al. 1997, Petgen et al. 1998), és a talaj szerkezetétől (Biricolti et al. 1997, Nikolau et al. 2003), de befolyásolja azt a gyökereket kolonizáló AM-képző gombafaji hovatartozása. A tápanyagfelvételi aktivitás függését a gombafajtól mások is igazolták (Jakobsen et al. 1992); a *G. fasciculatus* felhasználásával például kisebb mértékű P felvétel várható, mint a *G. macrocarpus* esetén (Karagiannidis et al. 1995).

A fokozódó tápanyagfelvétel mellett ugyanakkor egyes esetekben a mikorrhizált szőlőnövények egyes elemekből kisebb mennyiséget is tartalmazhatnak a kísérleti kontrolloknál (Karagiannidis et al. 1995, Biricolti et al. 1997, Petgen 2004). Más növényeknél is leírták, hogy a gyökérkapcsoltság hatására csökken a mangán felvétele a magas mangántartalmú talajokon (Bethlenfalvay és Franson 1989). A mangánkoncentráció csökkenése elvileg a növekedési erély fokozódásának, illetve a víztartalom növekedésével járó felhígulásnak az eredménye is lehet. A mangántartalom csökkenése azonban nem feltétlenül a mangán növényben való felhígulásával függ össze. A kutatók szerint ez a jelenség inkább azzal indokolható, hogy a mikorrhizált gyökér rizoszférájában megváltozik a mangán-redukáló baktériumok populációja (Kothari et al. 1991).

Az AM gombák aktívan bekapcsolódhatnak a nitrátok felvételébe (Tobar et al. 1994).

Alacsony nitrogén ellátottságnál azonban megnő a mikorriza jelentősége, illetve az általuk a gazdanövénybe szállított nitrogén mennyisége. A nitrogénfelvétel mértékét nemcsak a talaj N-tartalma, hanem a felvehető nitrogénformák is befolyásolják. A nitrogénfelvétel javulása abban az esetben várható, ha a kiágazó hifák nagymértékben beszótták a talajt (Schreiner 2005). A gazdanövények nitrogénellátásában a mikorrhiza jelentősége igen változó: 0.2 % - 50 % közötti (Cheng és Baumgartner 2006).

A növények nitrogénháztartására gyakorolt hatás hátterében részben az a tény áll, hogy a mikorrhiza gombák kedvező hatást gyakorolnak a szabadon élő nitrogénfixáló mikroorganizmusok (*Azotobacter*, *Azospirillum*) populációkra (Sieverding 1991). Tevékenységük azért is jelentős, mert felgyorsítják a szerves anyagok bomlási folyamatát, s szerepet játszanak a lebomló takarónövények szerves N-készletének a hasznosításában (Hodge et al. 2001). A takarónövényből származó nitrogén felvételét  $^{15}\text{N}$  izotópot tartalmazó takaróanyag felhasználásával sikerült igazolni. Patrick et al. (2004) előzetesen üvegházban nevelt,  $^{15}\text{N}$  izotóppal kezelt pillangósnövényeket forgattak be 15 cm mélyen a sorközök talajába. A takarónövényből származó  $^{15}\text{N}$  a bemunkálás után 4 héttel már kimutatható volt a szőlő levelében. A tenyésztő végén azonban a levélben kimutatható  $^{15}\text{N}$  részaránya igen csekély volt (0,28 %). A szőlő tehát képes hasznosítani a beforgatott takarónövényből származó nitrogént, gyökerei azonban rendszerint ritkán hálózják be azt a talajszelvényt, ahová a takarónövény bedolgozásra került, ezért is lehet fontos a gombafonalak tevékenysége (Chenget al. 2008). A szőlőt és takarónövényeket összekötő közös mikorrhiza hálózat lehetővé teszi a tápanyagszállítást a takarónövénytől a szőlőbe. Minél kisebb a távolság a szőlő és a takarónövény gyökérrendszere közt, feltételezhetően annál több mikorrhiza kapcsolat jön létre közöttük. Cheng és Baumgartner (2005)  $^{15}\text{N}$  izotóp felhasználásával igazolta, hogy a mikorrhiza hálózat segítségével a takarónövényből nitrogén kerül a szőlőbe. Megállapításuk szerint a nitrogénszállítás a *Bromus hordeaceus* L. ssp. *molliformis* irányából nagyobb, mint a *Medicago polymorpha* L. felől. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy a fűfélék jobb N-donorok, mint a pillangósok.

Amennyiben magas a talaj nehézfém-tartalma, a mikorrhiza-kapcsolatnak köszönhetően a növények föld feletti részeiben várhatóan kisebb lesz a nehézfémek, így például az ólom és a kadmium koncentrációja. Karagiannidis és Nikolau (2000) kísérletei igazolták, hogy a gombatárs mérsékli a levelek és a termés Pb, illetve Cd tartalmát.

A kolonizált gyökereknek jobb a vízfelvétele, mint a nem kolonizáltaké. Már annak idején Stahl (1900 in Possingham és Obbink 1971) majd Stanczak és Boratynska (1954 in Possingham és Obbink 1971) is beszámoltak arról, hogy a mikorrhizált növények több vizet vesznek fel. A vízfelvétel növekedése minden bizonnyal az extraradikális hifák kiterjedt



hálózatával magyarázható, mely hatékonyan aknázza ki a talaj vízkészletét. Száraz talajokon a szőlő hajszálgököreinek a fejlődése visszaesik. A talaj nedvességtartalmának csökkenésével a gyökér mikorrhiza-kolonizáltsága és az arbuszkulumok gyakorisága egyaránt nő. Amennyiben a talaj víztartalma a szőlő gyökerei számára könnyen elérhetővé válik, az arbuszkulumok gyakorisága csökken (Schreiner et al. 2007).

Dell'Amico et al.(2002) szerint a mikorrhiza kapcsolat megváltoztatja a növény élettani sajátosságait. A mikorrhizáltság fokozza a szőlő szárazságtűrő képességét; a gyökérkapcsoltságban élő növények jobban tűrik a szárazság-stresszt (Davies et al. 1992, Marschner 1997). Ez minden bizonnyal összefügg a kedvezőbb tápanyag-ellátottsággal is. Vita tárgyát képezi azonban, hogy a növény szárazságtűrő képességének a fokozódását okozhatja-e a növény kedvezőbb P-ellátottsága. Augé (2001) szerint az AM-gombák hatására megváltozik a növény vízháztartása, s ez sok esetben független a P-felvétel alakulásától. A szárazságtűrő képességre gyakorolt hatás a növény kedvezőbb vízellátásával, a gyökerek ozmotikus szabályozásával, és a megváltozott hormonszintézissel és -szállítással függ össze (Augé2001).

A mikorrhiza-kapcsolat kedvezően befolyásolja a szőlő vízháztartását; ez elsősorban a szárazságra érzékeny alanyra oltott szőlőoltványok esetén szembetűnő (Nikolaou et al. 2003). A mikorrhizált növények –a gyökérkapcsoltság nélküli kontrolhoz viszonyítva– jobb vízellátásban részesülnek, ezért zavartalan marad a párologtatásuk. A mikorrhizált oltványok esetén nagyobb a gázcsereenyílások vezetőképessége és a CO<sub>2</sub>-asszimiláció mértéke is (Nikolaou et al. 2003).

A gazdanövény vízellátása nem kizárólag a talajt behálózó hifahálózat vízfelvétele és vízszállítása, továbbá a növényi anyagcsere kedvező befolyásolása révén javul. Az AM-gombák hatást gyakorolnak a talaj vízmegtartó-képességére, illetve a talajaggregátumok stabilizálására is. A talajaggregátumok stabilitását szolgálják a talajrészecskék fizikai összeköttetését szolgáló gombafonalak. A talajrészecskék összekapcsolódásában azonban szerepet játszik a gomba által termelt glomalin (glikoprotein) is (Wright és Upadhyaya 1998).

#### 2.2.2. A mikorrhiza gombák szerepe a szőlő kártevőkkel szembeni védelmében

A mikorrhiza-kapcsolatnak köszönhetően a szőlő jobban ellenáll a talajban élő kórokozókkal szemben. Ennek a háttérében többek közt az áll, hogy versengés folyik az AM-gombák és a kórokozók közt a gyökér birtokba vételért (Bleach et al. 2008). A mikorrhiza-képző gombák nagyfokú versenyképessége miatt a patogén gombák jelentős része nem képes a fertőzésre. Az AM-gombák a versengés során olyan antimikrobiális anyagokat termelnek, melyek megakadályozzák más gombák behatolását. A növénypartner talajlakó patogén gombákkal szemben mutatott ellenálló-képesség Azcón-Aquilar és Barea (1996) szerint nagymértékben függ a mikorrhizát kialakító AM-fajtól. A *Glomus mosseae* biopeszticid hatása

például jelentősebb, mint az *Acaulospora laevis* gombáé, mert ez a faj egyes esetekben hátrányosan befolyásolja a hajtásnövekedést (Bleach et al. 2008). Mindezt figyelembe véve az AM gombák fontos szerepet játszhatnak a biológiai növényvédelemben is (Vigoet al. 2000, Gianinazzi et al. 2010). Jóllehet önállóan nem adnak teljes körű védelmet a kórokozókkal szemben, azonban – akár más szimbionta szervezetekkel, például baktériumokkal közösen – hozzájárulnak a biológiai védekezés sikeréhez (Nemec 1997).

Az újratelepítési problémát okozó gombás betegségek, így például a gyűrűs tuskógomba (*Armillaria mellea*) ellen a talajfertőtlenítés drága; a környezetkímélő szőlőtermesztésben nem megengedett eljárás. A talaj hosszú éveken át történő ugaroltatása elvileg megoldást jelenthet, így azonban a szőlőterület túl sokáig esik ki a termelésből. Az AM-kapcsolat révén várhatólag javul a szőlő természetes ellenálló képessége a gyűrűs tuskógombával szemben (Nogales et al. 2008). A talaj mikorrhiza potenciáljának alapos ismeretére van szükség ahhoz, hogy egyértelműen eldönthessük a mesterséges mikorrhizálást. A telepítés évében az oltás minden bizonnyal hatékony megoldást jelent, azonban az sem kizárható, hogy végrehajtása felesleges, ha a későbbiekben a helyi mikorrhiza-képző gombafajok is képesek kellőképpen felszaporodni. A mikorrhiza potenciál növelése céljából célszerű a szőlő újratelepítését megelőzően a területen mikorrhizált növényeket termesztetni (Nogales et al. 2009).

Az AM mikorrhiza kapcsolat csökkenti a szőlő *Cylindrocarpon macrodidymum* okozta fertőzésének gyakoriságát is; Petit és Gubler (2006) szerint a *G. intraradices* mikorrhiza fajjal beoltott szőlő kevésbé fogékony a cilindrokarponos gyökérgusztulásra. Szerzők e betegség megelőzésére az oltványiskolában történő mikorrhizálást javasolják. Bleach et al. (2008) által végzett szabadföldi kísérletben a mikorrhizálás nem mérsékelte szignifikáns mértékben a betegség előfordulásának gyakoriságát, jóllehet a *G. mosseae* faj felhasználása egyértelműen javította a szőlő növekedését és egészségi állapotát.

A mikorrhiza-kapcsolat bizonyos fokú védelmet jelent egyéb kártevőkkel szemben is: csökkenti a kártétel gyakoriságát például a fonálférgek károkozása esetén (Calvet et al. 2001). A mikorrhizált növény a fokozott tápanyag-felvételük, illetve növekedési erélyüknek köszönhetően jobb ellenálló-képességgel rendelkeznek: a fonálférgek a kísérletekben a kontroll növények fejlődését jobban visszavetik, mint a mikorrhizáltakét. Bár a gomba és a kártevők kapcsolata teljes mélységében nem ismert, de az kétségtelen tény, hogy versengés folyik a gomba és a fonálférgek közt a fotoszintézis termékeiért: Pinkerton et al. (2004) fonálféreggel (*Mesocriconema xenoplax*) végzett mesterséges fertőzés során azt tapasztalták, hogy a kezelés hatására a szőlőgyökerek viszonylag magas fokú kolonizáltsága ellenére csökkent a hajszálgökerekben az arbuszkulumok élettartama és gyakorisága. Ennek oka minden bizonnyal a szénhidrátokért folyó versengés lehet, mivel az arbuszkulumok száma szorosan összefügg a



rendelkezésre álló szénhidrátok mennyiségével (Schreiner és Pinkerton 2008).

### 2.3. A szőlő mikorrhizáltságát befolyásoló környezeti tényezők

Az AM gombák, illetve szaporító képleteik az ültetvényekben szinte mindenütt jelen vannak. A mikorrhiza kapcsolat kialakulását, illetve a gyökerek kolonizációjának a mértékét azonban az ültetvény talajának és a szőlészeti kezelésének sajátosságai jelentős mértékben befolyásolják.

#### 2.3.1. A termőhely és a talaj

**A talaj típusa, termékenysége.** A mikorrhiza-kapcsolat alakulásában fontos szerepet játszanak a talaj tulajdonságai (Sieverding 1991, Bhardwaj et al. 1997). Az AM-k szinte valamennyi talajtípus esetén megfigyelhetők a szőlőültetvényekben (Schubert és Cravero 1985). Laza szerkezetű homoktalajokon rendszerint nagyobb mértékű a mikorrhizáltság, mint a kötött talajok esetében (Bhardwaj et al. 1997, Meyer et al. 2005), jóllehet Schreiner és Linderman (2005) e tekintetben nem talált különbségeket. A mikorrhizaképző gombák növekedési erélyre gyakorolt hatása elsősorban a kis termékenységgű talajokon szembetűnő (Schreiner 2005); termékeny talajok esetén rendszerint nincs jelentős különbség a mikorrhizált és a gyökérkapcsoltság nélküli szőlők növekedésében.

**Gyökerek elhelyezkedése.** A mikorrhiza-kolonizáció általában nagyobb mértékű a feltalajban (mintegy 40-50 cm-ig), s csökkenő arányú a mélyebben elhelyezkedő gyökerek esetében. Mikorrhizált szőlőgyökerek többségükben a sorok mentén találhatók, a sorközökben rendszerint kisebb gyakorisággal fordulnak elő (Schreiner 2005). Takarónövény használata esetén nem tapasztalhatók ilyen eltérések, ugyanis a sorközben fejlődő növények, elősegítik a szőlő gyökereinek mikorrhizálódását (Cheng és Baumgartner 2005, Sweet és Schreiner 2010).

**A talaj foszfortartalma.** A talaj alacsony foszfortartalma elősegíti a kolonizáció kialakulását és a spórák képződését (Douds és Schenck 1990). A gyökerek kolonizációja többnyire negatívan korrelál a talaj felvehető foszfortartalmával (Schubert és Cravero 1985, Smith és Read 1997, Karagiannidis és Nikolau 1999). Ennek az lehet a magyarázata, hogy a magas foszfortartalom gátolja a spórák és a hifák képződését (Nagahashi et al. 1996). A mikorrhiza kialakulását azonban nem minden esetben gátolja a talaj magas foszfortartalma (Petgen 2004), olykor –a tápanyagtartalomtól függetlenül– egészen magas szintű gyökérkapcsoltságot lehet megfigyelni. Azt sem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy egyes AM gombafajok mikorrhiza-képzési potenciálja a talaj magas P tartalma ellenére is kielégítő lehet Douds és Schenck (1990). Ugyanakkor a szőlő – mint gazdanövény – valószínűleg képes szabályozni a mikorrhizáltság mértékét; kielégítő foszfor ellátottság esetén a gomba

szénhidrátokkal való ellátása minden bizonnyal nem áll arányban az általa nyújtott előnyökkel (Baumgartner 2003).

**A talaj nehézfém-tartalma.** A talaj magas nehézfém-tartalma esetén lassan alakul ki és csekély mértékű lesz az AM-kolonizáció (Karagiannidis és Nikolau 2000). Árpa gazdanövénnel és tartós nehézfém szennyezettségnél igazolták, hogy bizonyos toxikus elemek, mint például Al, As, Ba, Cr, Cu Pb, Sr, Zn csökkenthetik a spóraszámot (Bíró et al. 2005). Amennyiben magas a talaj nehézfém-tartalma, a mikorrhiza kapcsolatnak köszönhetően azonban a növények föld feletti részeiben várhatóan kisebb lesz a nehézfémek, így például az ólom és a kadmium koncentrációja. A mikorrhizált növények (és velük együtt a tápláléklánc további elemei) rendszerint védelemben részesülhetnek a nehézfémekkel szennyezett talajokon (Bíró és Pacsuta, 2009). Karagiannidis és Nikolau (2000) kísérletei igazolták, hogy a gombatárs mérsékli a levelek és a termés Pb, illetve Cd tartalmát. Magasabb arbuszkuláris kolonizációt figyeltek meg árpa gyökérzetén Hg és Pb elemekkel szennyezett talajon (Bíró et al. 2005).

**A talaj pH-értéke.** Összefüggés tapasztalható a talaj kémhatása és a mikorrhiza-kolonizáció között. A gombatárs tevékenységének a mérsékeltén lúgos talajok kedveznek (Schubert és Cravero 1985). Ehhez hasonló összefüggést talált Schreiner és Lindermann (2005) az arbuszkulumok gyakorisága és a talaj pH értéke (5,3–6,4) közt. A vizsgálati eredményeik alapján arra lehet következtetni, hogy az 5–5,5 pH érték tartományban csökken a gyökerek kolonizáltsága (Schreiner 2005). A spóraszám szintén azokban a talajokban nagyobb, ahol viszonylag magas a pH-érték. Schubert és Cravero (1985) olaszországi vizsgálatai szerint a spóraszám 20 spóra/100 g talaj feletti, amennyiben a pH-érték  $\geq 7,5$ , s a talaj Olsen-féle P tartalma  $< 200$  mg/kg. A talaj 7,5 pH-értéke felett a gombafajok száma is magasabb (Schubert és Cravero 1985). Kettőnél több faj azokon a talajokon fordult elő, ahol a talaj a talaj mérsékeltén lúgos (pH=7,4–7,9) volt. A leggyakoribb fajok a következők voltak: *G. fasciculatum*, *G. monosporum*, *G. occultum*. Alacsonyabb, 6,6 pH alatti talajokon kevesebb gombafajt találtak; itt jellemzően a *G. monosporum* és a *G. occultum* gombafajok voltak fellelhetők.

**A talaj nedvességtartalma.** Alacsony talajnedvesség esetén a megfigyelések szerint nő a gyökerek mikorrhizáltsága és az arbuszkulumok gyakorisága (Schreiner 2003, Nikolau et al. 2003). Amennyiben a talaj víztartalma a szőlő számára könnyen elérhető, az arbuszkulumok gyakorisága az esetek többségében lecsökken. A szőlő száraz hegy, illetve domboldalakon, illetve kevésbé termékeny talajokon minden bizonnyal nagyobb mértékben szorul a mikorrhiza kapcsolatra, mint termékeny, jó vízellátottságú termőhelyeken (Schreiner és Lindermann 2005).

### 2.3.2. Gazdanövény, és mikorrhiza-gombafajok

**Alanyhasználat.** Az AM mikorrhizákat kialakító mikobionták nem fajspecifikus

gombák, többféle gazdanövénnel is kapcsolatba léphetnek. Ettől függetlenül bizonyos gombafajok sokszor előnyben részesíthetnek egyes alanyfajokat (pl. *Vitis berlandieri*, *Vitis riparia*, *Vitis rupestris*), illetve fajtákat (Schreiner 2005). A kutatók a tudományos közleményekben arról számolnak be, hogy az azonos körülmények közt nevelt alanyfajták kisebb-nagyobb mértékben eltérő mikorrhizáltságot mutatnak (Karagiannidis et al. 1995, Bavaresco és Fogher 1996, Karagiannidis et al. 1997, Carretero 1999, Linderman és Davis 2001, Mundy et al. 2005). Nem zárható ki, hogy a jövőben a szőlészek a termesztési értékmérő tulajdonságok közt a mikorrhiza iránti fogékonyságot is tekintetbe veszik (Schreiner 2003). A kutatási eredmények olykor azonban ellentmondásosak. Bavaresco és Fogher (1996) eredményei szerint a T.-F. SO4 alany mikorrhizáltsága alacsonyabb, mint a Chasselas x Berlandieri 41B alanyé. Egy későbbi tudományos értekezésből viszont az derül ki, hogy az SO4 alanyon mérhető kolonizáltság lényegesen magasabb a 41 B alanyhoz viszonyítva (Bavaresco et al. 2000). További befolyásoló tényező lehet még egyebek közt az alany-nemes kölcsönhatás, illetve a termőfajta tápanyag-igénye is. A saját gyökerű termőfajták mikorrhizáltsága is eltérő lehet (Karagiannidis et al. 1997). Az erre vonatkozó eredmények azonban nem egyértelműek, mivel Schreiner és Linderman (2005) például különböző korú és tökeművelés módú saját gyökerű szőlőket vizsgálva viszont nem találtak különbséget a mikorrhiza kolonizáltságban.

**A szimbiózist képző gombafajok.** Az egyes AM-képző gombafajok, izolátumok azonos alanyon gyakran eltérő mikorrhizáltságot eredményeznek, továbbá különböző növekedési erélyt, illetve tápanyag-felvételt indukálnak (Schubert et al. 1988, Karagiannidis et al. 1995, Carretero 1999, Augín et al. 2004, Nogales et al. 2008). A különböző gombafajok okozta növekedési különbségek nem minden esetben korrelálnak a gombafaj okozta kolonizáció mértékével. Jó példa erre Biricolti et al. (1997) egyrügyes dugványokkal végzett kísérlete. A *G. mosseae* és a *G. constrictus* fajokkal történt beoltás hatására erős növekedést tapasztaltak, míg a *G. deserticola* felhasználásával viszonylag kisebb lett a dugványok növekedési erélye annak ellenére, hogy a legnagyobb mértékű mikorrhizáltság itt alakult ki. Mahdavi et al. (2012) iráni szőlőültetvények mikorrhiza-fajmeghatározását végezték. A kimutatott 12 fajból 11 a *Glomus*, 1 pedig a *Scutellospora* nemzetséghez tartozott, sőt, a spórák 78 %-a *Glomus fasciculatum* és a *Glomus glomerulatum* fajokhoz tartozott.

### 2.3.3. A termesztéstechnológia hatása a szőlő mikorrhizáltságára

Az őshonos AM gombák tevékenységének elősegítése minden bizonnyal hatékonyabb megoldás, mint a mesterséges beoltás. Érdemes ezért olyan termesztéstechnológiát alkalmazni, mely elősegíti a szőlő és a gombapartner hatékony együttműködését, amihez azonban tisztában kell lennünk azzal, hogy az egyes kezelési módok milyen hatást gyakorolnak a szőlőültetvény

mikorrhiza-közösségére, a növények mikorrhizáltsági szintjére.

**Talajfertőtlenítés.** A szőlőültetvények újratelepítése során sok esetben elkerülhetetlen a talajfertőtlenítés, azonban ez a beavatkozás rendszerint megsemmisíti az AM gombákat (Linderman és Davis 2001). A talajfertőtlenítést követően éppen ezért a mesterséges mikorrhizálás nagy jelentőségű a fiatal ültetvények életében (Menge et al. 1983, Baumgartner 2003).

**Takarónövényzet alkalmazása.** Az utóbbi évtizedekben mind nagyobb figyelem fordul az alternatív talajapolási módszerek felé (Borszéki et al. 1982, Fardossi 2001, Varga 1994, Bauer et al. 2004, Varga és Májer 2004, Varga et al. 2005, Varga et al. 2007, Donkó et al. 2008, Hofmann et al. 2008, Göblyös et al. 2012). A nem körültekintően kialakított és ápolt takarónövényzet víz-és tápanyagbeli konkurenciát jelenthet a szőlőnek (Haynes, 1980; Prichard et al., 1989; Vanhuyssteen és Weber, 1980; Pinamonti et al., 1996; Caldwell, 1976; Gordon és Rice, 1993; Matthews és Anderson, 1989; Matthews et al., 1990; Kennedy et al., 2002; Roby et al. 2004, Tan és Crabtree, 1990, Bauer et al. 2004, Tesic et al., 2007; Maigre és Murisier, 1992). Sorköztakarás kialakításakor fontos tehát az adott edafikus és klimatikus viszonyokat, az ültetvény korát figyelembe vennünk. Sorköztakarást alkalmazva bármely időjárási körülmények között mind az emberek, mind pedig a gépek számára átjárható a terület, illetve, a növényvédelmi munkálatoknak sincs e téren akadálya (Lisa et al. 1991, Bazoffi és Chisci 1999, Celette et al. 2005; Gaffney és Van Der Grinten, 1991).

A takarónövények jótékony hatást gyakorolnak a természetes mikorrhiza gombapopulációkra (Wulf 1996, Baumgartner et al. 2005). A takarónövényzet gyökerei legsűrűbben a talaj felső kb. 20 centiméterét hálózák be, ezért itt a legélénkebb a kapcsolat a szőlő és növénytakaró gyökerei közt. Mohr (1994) sterilizált talajú tenyészedényes kísérletekben cérnatippan (*Agrostis capillaris*) és fehérhere (*Trifolium repens*) felhasználásával igazolta, hogy a takarónövények hozzájárulnak a szőlő mikorrhizáltságának kialakításához. Egyidejűleg több, különböző növényfaj gyökérzete között közös mikorrhiza-hálózat (CMN, azaz 'common mycelial network') is kialakulhat (Francis és Read 1984, Selosse et al. 2006). A nem mikorrhizás növényfajok hatására azonban csökken a talajban az AM-képző gombák kolonizációs potenciálja (Petgen et al. 1998). A *Brassica* fajok jelenlétében kisebb mértékű a mikorrhizáltság, ezek a növények ugyanis olyan anyagokat választanak ki, melyek gátolják a mikorrhizaképző gombák fejlődését (Schreiner és Koide 1993).

A terület természetes AM-közösségének a támogatása az esetek többségében hatékonyabb megoldás, mint a mesterséges beoltás. A telepítés előtti zöldtrágyanövény használat garantálja az AM gombák szaporító képleteinek bőséges jelenlétét, majd az eltelepített szőlőültetvények kolonizációját (Petgen et al. 1998). Ezzel szemben a betelepítésre váró terület

hosszan tartó, növénytakarótól mentes ugaroltatása a mikorrhizaképző gombák szaporító képleteinek jelentős mértékű visszaeséséhez vezet (Schreiner 2005).

Elsőként általában a takarónövények gyökerein indul meg az AM gombák terjedése. Az előző évből visszamaradó gyökök, spórák gondoskodnak a terület növényzetének újbóli mikorrhizálódásáról. A takarónövényzet gyökerei idővel eléri a szőlőét, és biztosítják számára a természetes mikorrhiza inokulumot (Schreiner et al. 2005). Áttelelő takarónövények használata azért előnyös, mert a tenyészidő végétől a tavaszi időszakig élő gazdanövényt biztosít az AM-gombák számára (Galvez et al. 1995). Ezért például rozs (*Secale cereale* L.) vagy a tritikálé (*Triticosecale* Witt.) vetésével egyértelműen elősegíthetjük az ültetvényben az AM gombák tevékenységét (Baumgartner 2003, Baumgartner et al. 2005).

A monokultúra kedvezőtlen következményekkel jár. A takarónövények fontos szerepet játszanak a mikorrhiza közösség kialakulásában (Baumgartner et al. 2005), jelenlétük kedvező hatású a hifák és a spórák képzésére (Meyer et al. 2005). A szőlőültetvények mikorrhizáltságára a gyomnövények is kihatnak. Ezek egyes esetekben szintén gazdanövényei lehetnek a mikorrhizaképző gombáknak, s elősegíthetik a szőlőgyökök kolonizációját (Schubert és Cravero 1985). A felhasznált takarónövények, illetve a gyomszabályozás azonban gyakran megváltoztatja az őshonos mikorrhiza-közösség fajösszetételét, ami kihat a szőlő mikorrhiza kapcsolatának alakulására is (Chengés Baumgartner 2005, Schreiner 2005). A nem mikorrhizáló növények (például az olajretek (*Raphanus sativus* var. *oliferu*), a sárga mustár (*Sinapis alba*) és az őszi káposztarepce (*Brassica napus*) felhasználásával várhatóan kisebb mértékű lesz a szőlő mikorrhizáltsága (Petgen et al. 1998).

**Mechanikai talajművelés.** A gombafonalak finom szövedéke igen érzékeny a mechanikai művelésre. Az intenzív talajművelés nemcsak ronsolja a gombafonalak hálózatát, de a spórák számát is csökkenti (Sieverding 1991, Kabir et al. 1997, Meyer et al. 2005). A fent említett okok miatt a köztes növényzet megsemmisülése hátrányosan befolyásolhatja a szőlő mikorrhiza-képzési potenciálját, illetve csökkenti a mikorrhiza-kolonizáció mértékét (Baumgartner 2003, Petgen 2004). A sorközökben folytatott sekély talajművelés azonban - kaliforniai tapasztalatok szerint - nem befolyásolja hátrányosan a szőlőgyökök kolonizációját (Schreiner 2005).

**Talajjavítás.** A talaj pH-értékének alakulása szintén kihat a kolonizáció mértékére. Az 5,5 pH-érték alatti kémhatású talajok meszezése például kedvező a mikorrhizáltságot illetően is (Schreiner és Linderman 2005). A túlságosan lúgos kémhatású, meszes talajok is bizonyára korlátozzák a szőlő mikorrhizáltságát, ennek határértéke azonban nem ismert. A tudományos kutatók tenyészedenyes kísérletben pH=8,9 (Bavaresco és Fogher 1996), szabadföldön pedig pH=9,4 érték mellett sem tapasztalták a mikorrhizáltság visszaesését (Schreiner 2005).

**Trágyázás.** A termesztés gyakorlatának egyik fontos célkitűzése a szőlő optimális tápanyag-ellátása. A növekvő foszfor-ellátással azonban mérséklődik a gyökerek kolonizációja, illetve a mikorrhiza-gombák foszforfelvételre gyakorolt kedvező hatása (Gebbing et al. 1977, Linderman és Davis 2001). Célszerű ezért kerülni a nagyadagú készlettrágyázást (Karagiannidis és Nikolaou 1999). Nemcsak a talajba, hanem a levelekre kijuttatott foszfor is csökkentően hat a gyökérkapcsoltságra. A zsendülés időszakában alkalmazott lombtrágya nem feltétlenül a kolonizáltságot, inkább az arbuszkulumok gyakoriságát mérsékli. A mikorrhiza-kapcsolat intenzitásának a korlátozása együtt jár a vizet és a tápanyagot felvevő hifák számának a csökkenésével. A kezelés így közvetett módon fokozhatja a szárazság-stressz fellépését is (Schreiner és Lindermann 2005).

A talaj szervesanyag-tartalmának növelése, a szervestrágya, komposzt kijuttatása kedvezően hat a mikorrhizáltságra, illetve a mikorrhiza-képző gombák spóraszámának alakulására (Douds et al. 1997, Schreiner és Bethlenfalvay 2003). A szervesanyagok kijuttatása megtérül, hiszen a mikorrhiza gombák szerepet játszanak ezek bomlási folyamatainak a gyorsításában, és a feltáródó tápelemek a hasznosításában (Hodge et al. 2001).

**Vízellátás.** A szőlő a száraz hegy- és domboldalakon minden bizonnyal nagyobb mértékben szorul a mikorrhiza-kapcsolatra, mint a jó vízellátottságú termőhelyeken (Sweet és Schreiner 2010). Száraz körülmények közt rendszerint nő a mikorrhizáltság mértéke, ezért a mérsékelt vízadagok általában elősegítik a mikorrhiza-kapcsolat kialakulását (Augé 2001, Schreiner et al. 2007). Bár kisebb gyakorisággal találhatók azonban a szőlő gyökereiben arbuszkulumok azokon a területeken, melyek gyakori, nagy adagú öntözésben részesülnek, a fotoszintézist akadályozó vízhiány azonban minden szempontból káros hatású, hiszen visszaesik a szénhidrátok termelése és gyökerek felé mutató áramlása – ami hátrányosan befolyásolja a mikorrhizáltságot is (Schreiner 2005).

**Termésszint.** A mikorrhizáltság tekintetében a termés mennyisége is fontos tényező. Alanykísérletben azt tapasztalták, hogy az alacsony termésszintet indukáló alanyoknál (pl. 101-14 Mgt) általában intenzív a mikorrhiza kapcsolat, s a gyökerekben ennek megfelelően sok arbuszkulum található. Ezzel szemben a nagy hozamot biztosító fajták (pl. Teleki-Fuhr SO4) gyökerében rendszerint kicsi az arbuszkulumok gyakorisága. Ez azzal indokolható, hogy a termés beérleléséhez a tőke igen sok szénhidrátot használ fel, ezért kevesebb lesz az a mennyiség, melyet a gombatárs táplálására fordíthat, ami az anyagátadás intenzitásának csökkenéséhez, következésképpen alacsonyabb arbuszkulum-gyakorisághoz vezet (Schreiner 2003). A nagymértékű lelevelezés hasonló hatással jár: csökken a szőlő szénhidrát termelése, s ezzel együtt az arbuszkulumok száma is (Pinkerton et al. 2004).

## 2.4. A szőlő mesterséges mikorrhizálása

A mikorrhiza gombák a szőlőtalajokban gyakorlatilag mindenütt jelen vannak, de nem feltétlenül alakítanak ki mikorrhiza-kapcsolatot gazdanövényeikkel. A mesterséges inokulálás megelőzően ezért célszerű felmérni a kérdéses terület mikorrhiza-potenciálját (Meyer 2005).

### 2.4.1. Mesterséges mikorrhizálás különböző korú ültetvényekben

A frissen telepített szőlő mesterséges mikorrhizálása a növény erőteljesebb kezdeti fejlődésének, illetve adaptációs képességének a növelése érdekében javasolható (Linderman és Davis 2001, Augin 2004, Omar 2007).

A termőültetvények beoltása általában nem szükséges, de talajfertőtlenítő szerek használata esetén ugyancsak célszerű elvégezni az új telepítés mikorrhizálását. A talaj fertőtlenítését követően ugyanis az oltványok kisebb ütemű fejlődése rendszerint a mikorrhiza-gombák hiányával hozható összefüggésbe (Menge 1983), amit az is alátámaszt, hogy ezeken a területeken mesterséges inokulálással helyreállítható a szőlőoltványok növekedési erélye. A mesterséges mikorrhizálás tenyészedényes kísérletekben jelentős mértékben fokozza a szőlő növekedését (Schubert et al. 1988, Schubert et al. 1990).

Az őshonos mikorrhiza-gombák nagyszámú jelenléte esetén rendszerint nem érdemes a mesterséges beoltást végezni (Meyer et al. 2004). A természetesen is jelen lévő AM-képző fajok egyébként is konkurálnak a mesterségesen bevitt mikorrhiza fajokkal, és az őshonos gombák általában hatékonyabb együttműködésre képesek a gazdanövényvel, mint az oltóanyaggal bevitték. Ennek valószínűleg az lehet az oka, hogy az őshonos fajok sokkal jobban alkalmazkodtak a helyi adottságokhoz (Schreiner 2007). Egy dél-afrikai kísérletben Meyer et al. (2005) a szőlőnővények ültetésekor mesterséges inokulálást alkalmaztak. A tenyészidő végén összesen 18 mikorrhizaképző gombafajt mutattak ki a szőlőoltványokban, melyek közül azonban mindössze öt szerepelt a mesterséges oltóanyagban felhasznált fajok listáján, a többi a helyi, vagy az oltványiskolából bekerült AM-gombafaj volt. Mindemellet a gyökereket legnagyobb részarányban nem az oltóanyaggal bevitt fajok kolonizálták. Elvileg már az oltványiskolában is elvégezhető a növények mikorrhizálása. Ez esetben a szőlő gyökerei már az ültetés időpontjában AM-gombákkal kolonizáltak lehetnek (Petgen 2004). Fontos, hogy friss oltóanyag kerüljön felhasználásra; minél régebbi a spóra, annál kisebb az esélye annak, hogy időben kicsírázzon (Petgen et al. 1998, Baumgartner 2003). Csikász-Krizsics et al. (2015) mesterséges mikorrhizálás értékelésekor nem tapasztaltak szignifikánsan magasabb kolonizációt abban az esetben, ha a szaporítóanyag gyökerzetén már az oltványiskolában kialakult a fertőzés, azonban a mesterséges mikorrhizálás indokolt lehet kedvezőtlen időjárási körülmények között, kevésbé vitális fajták telepítésekor a kedvezőbb eredési arány eléréséhez.

Az oltványiskolából kikerülő szaporítóanyag mikorrhizáltsága általában csekély mértékű, mert a szőlőiskolai nevelés néhány hónapja nem feltétlen elegendő a kellő mikorrhizáltság kialakulásához. Az oltványiskolában használatos feketefólia alatt magas hőmérséklet alakul ki, ami zavarhatja a mikorrhiza-kapcsolat kialakulását, s szintén akadályozó tényező, hogy a szőlőiskolában rendszerint magas a talaj foszfortartalma (Petgen 2004). A növények felszedésének, feldolgozásának a gyakorlata szintén nem kedvez a mikorrhiza-kapcsolatnak, ugyanis a gyökerek jelentős részét eltávolítják, a meghagyott gyökérzetet pedig csávázzák (Bényei et al. 1999).

A hagyományos szaporítóanyagokkal szemben a mikroszaporításból származó növényeknél egyértelműen előnyös a mesterséges mikorrhizálás. A mikorrhiza kapcsolatnak köszönhető biokémiai, élettani változások nemcsak az edzés időszakában, hanem a növény későbbi szabadföldi teljesítménye szempontjából is kedvezőek (Schubert et al. 1990, Krishna 2005).

#### 2.4.2. A mesterséges mikorrhizálás hazai eredményei

Csikászné Krizics et al. (2011) eredményei szerint degradált Ramann-féle barna erdőtalajon mikorrhiza készítménnyel beoltott tőkék hajtásnövekedése nem tért el a kontrolhoz képest, de a súlyos vízhiány a mesterségesen mikorrhizált tőkék fotoszintetikus teljesítményét nem rontotta olyan nagymértékben. Donkó et al. (2013) egy a Kunsági borvidéken, homoktalajon végzett kutatás kapcsán szignifikáns különbségeket tapasztaltak a kolonizáció, hajtásnövekedés, és az eredési arány kapcsán, az oltott állomány javára. Teszlák et al. (2015) azt tapasztalták, hogy a mesterséges mikorrhizálás szignifikáns hatást gyakorolt a levelek CO<sub>2</sub> asszimilációjára, kedvezőbben alakult a kezelt növények vízháztartása. A növekedési erély vonatkozásában, autoklávozott talajon, a telepítés után 45 nappal történt beoltást találták a leginkább kedvezőnek. A mesterséges mikorrhizálás gyakorlati kivitelezése üzemi körülmények között leginkább úgy reális és költséghatékony, ha az oltóanyagból szuszpenziót készítünk, és ebbe a „pépbe” mártjuk az oltványok gyökérzetét. Telepítést követő, ültetvény-szintű mesterséges mikorrhizálás kivitelezése kevésbé megvalósítható. Termő ültetvényekben a kolonizációt leginkább megfelelő, fajgazdag sokröztakaró-növényzet telepítésével fokozhatjuk.



### 3. CÉLKITŰZÉS

Hazánkban a szőlő mikorrhiza-kapcsolatát eddig kevésbé vizsgálták, s azok a vizsgálatok, amelyek e témakörrel foglalkoztak/foglalkoznak, leginkább a mesterséges mikorrhizálás vonatkozásában történtek/történnek. Munkám során azt a célt tűztem ki, hogy eltérő termőhely, termesztéstechnológia, környezeti tényezők hatásait vizsgáljam a szőlő mikorrhizáltsági fokára és egyes fenológiai jellemzőire. Fő kísérleti helyszín a BCE SZBI Szigetcsépi Tangazdasága volt, ahol az interspecifikus, Viktória gyöngye fajtát vizsgáltuk. A Szigetcsépi Tangazdaság szőlőtermő területe a Kunsági borvidék része, mely az ország legnagyobb borvidéke. Az Alföldre jellemző homoktalaj az uralkodó, kontinentális klímahatások érvényesülnek, kemény fagyokkal, gyakoriak a kora tavaszi, olykor igen erős fagyok egyaránt, a nyarak melegek, aszályos időszakok lépnek fel. Ezen paraméterekkel, egy reprezentatív kísérleti területről van szó, melynek paraméterei az Alföld nagy részén uralkodók.

A vizsgált fajta - Viktória gyöngye - rezisztenciájával, fagytűrésével, ellenállóságával perspektivikus fajta az Alföldön. Munkám során azt vizsgáltam, miként hat a szőlő mikorrhiza-kapcsolatára a foszfor tartalmú lombtrágyázás, eltérő terheléssel kombinálva.

Kutatásomat kiegészítettem a Tangazdasággal szomszédos, Gál Szőlőbirtok és Pincészet területén. Kékfrankos fajtán beállított kísérletben szintén az eltérő terhelés, majd az adott terhelés változásának kihatását vizsgáltam; nevezetesen azt, hogyan alakul a kolonizáció és az arbuszkulumok gyakorisága az üzemi terhelésre történő visszaállítás után.

A gombapartner fontos szerepet játszik a szőlő vízháztartásában. Harmadik kísérleti helyszín egy az Egri borvidéken elterülő, a Villangó család tulajdonát képező Pinot noir ültetvény. A szigetcsépi vizsgálataim mellett célul tűztem ki, hogy egy az Egri borvidéken elterülő ültetvényben a talaj eltérő nedvességtartalmának vonatkozásában vizsgáljam a kolonizáció mértékét. A 2010-es évben lezúduló, közel 1000 mm csapadék hatására a terület legmélyebben fekvő pontján, egy kb. 500 m<sup>2</sup> – es területen belvíz alakult ki, ahol a szőlő is kipusztult. Vizsgálatom első blokkja e területrészt volt, majd haladtunk a birtok legmagasabb pontja felé, s további két kísérleti blokkot jelöltünk ki.

A munka során a következő kérdéseket vizsgáltam:

1. Milyen hatása lehet az eltérő rügyterhelésnek a szőlő mikorrhizáltságának mértékére? Az esetlegesen felmerülő eltérések milyen kapcsolatban állnak a növény egyes fenológiai tulajdonságaival (fürtszám, termés mennyiség, vesszőtömeg, termőegyensúly), a termés minőségével (sűrűség (Brix), titrálható savtartalom (g/l), a szőlőnövény napközben

mérhető vízpotenciáljával ( $\Psi_m$ ) és a levelek elemösszetételével? Milyen az eltérések időbeli dinamikája a két vizsgált vegetációs periódus vonatkozásában?

2. Hogyan befolyásolja az eltérő rügyterhelés a mikorrhiza-kolonizációra kifejtett hatást és mindegyre hogyan hatnak a foszfortartalmú lombtrágyák?
3. Milyen változást okoz a rügyterhelés hatására létrejött kolonizációs eltérésekben a rügyterhelés ismételt egységesítése?
4. Milyen hatása van a talaj eltérő nedvességtartalmának a szőlő mikorrhizáltságának mértékére? Milyen kapcsolatban állnak az eltérő mikorrhizáltsági adatok a termés-mennyiséggel, a termés-minőséggel és a levelek elem-összetételével?
5. Hogyan változik a szőlő mikorrhizáltságának mértéke a területet borító belvíz visszahúzódását követően?

A kísérlet beállítása során, minden esetben 25 tőkéből álló blokkokat jelöltünk ki, négy ismétlésben ( $n=100$  tőke/kezelés). Minden mintavétel során, kezelésenként 16-16 db. tőkét vizsgáltunk.

## 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

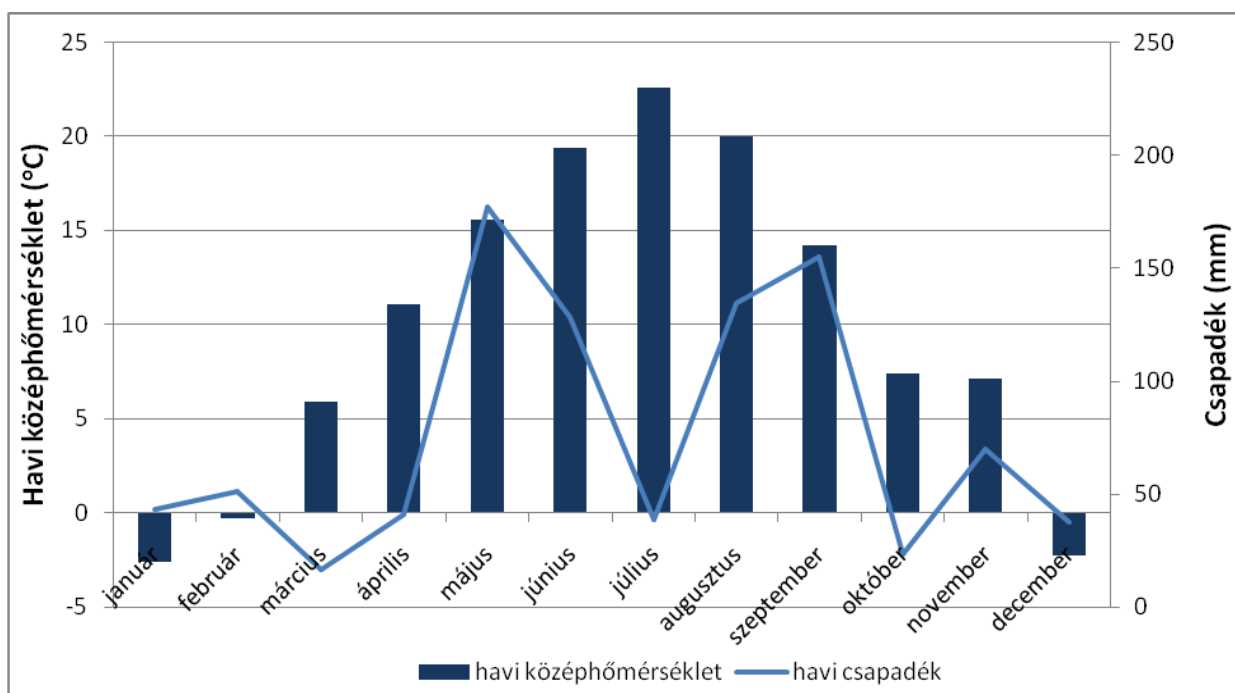
### 4.1. Kísérleti helyszínek és jellemzésük

#### 4.1.1. Szigetcsépi kísérleti helyszín

Szigetcsép szőlőtermő területe a Kunsági borvidék része, mely az ország legnagyobb borvidéke, a HNT 2015. évi adatai alapján területe 20233 ha. A területen homoktalaj az uralkodó, kontinentális klímahatás érvényesül. Gyakoriak a kora tavaszi, olykor igen erős fagyok, a nyarak melegek, aszályos időszakok léphetnek fel.

#### Az évjáratok jellemzése

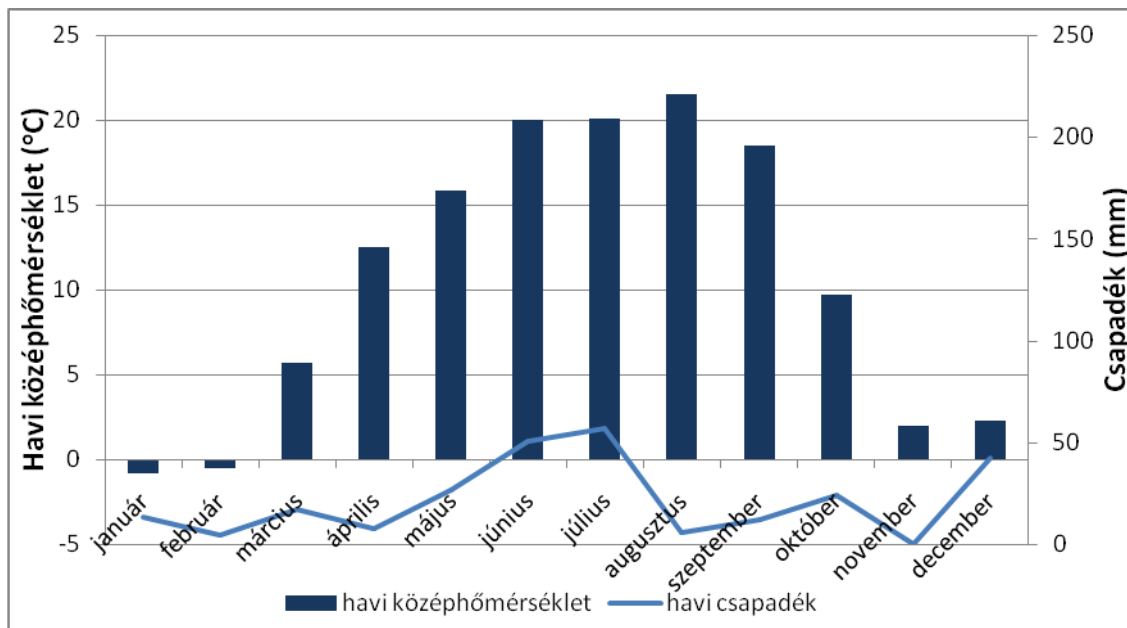
A kísérlet első éve, 2010 igen csapadékos volt (1. ábra). A csapadék eloszlása az év során egyenetlen volt, s a legtöbb esetben az eső hirtelen lezúduló, nagy viharok formájában érkezett. Szigetcsépen 2010-ben összesen 915 mm csapadék hullott.



1. ábra. A 2010-es év havonkénti hőmérséklet és csapadék értékei (forrás: OMSZ, Ercsi).

A legtöbb eső a 2010-es évben a márciustól szeptemberig tartó időszakban esett, összesen 690 mm. Az egyes hónapokat tekintve a legtöbb csapadék májusban volt, amikor 176 mm-t regisztráltak. Az évi középhőmérséklet 9,8 °C volt, a vegetációs időszak effektív hőösszege pedig 3263 °C. A legmelegebb júniusban és júliusban volt, ekkor 19,4 °C illetve 22,6 °C középhőmérsékletet regisztráltak. A leghidegebb januárban, illetve decemberben volt. A havi középhőmérséklet ezen hónapokban 0 °C alá csökkent, -2,6 °C illetve -2,3 °C-ot mértek.

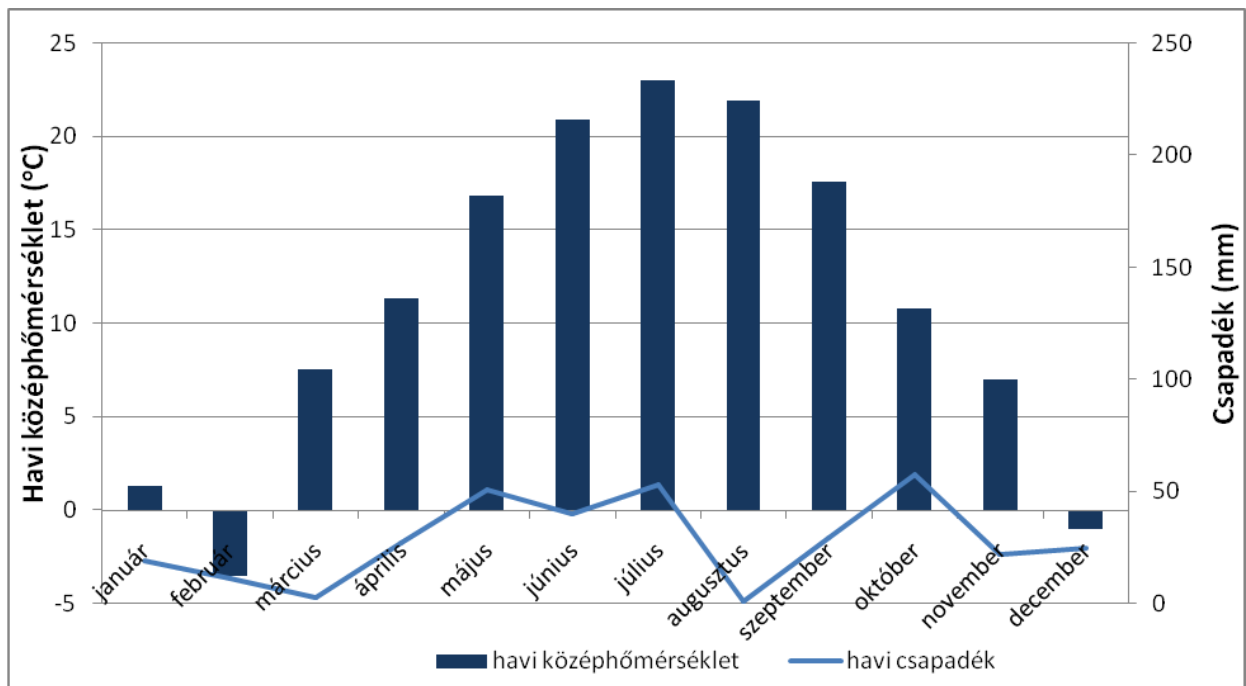
A 2011-es év klímája kiegyenlítettebb volt (2. ábra). A tenyészidőben 260 mm csapadék hullott. Az évi középhőmérséklet 10,5 °C, a vegetációs időszak effektív hőösszege 3423 °C volt.



2. ábra. A 2011-es év havonkénti hőmérséklet és csapadék értékei (forrás: OMSZ, Ercsi).

A legcsapadékosabbak a június és a július hónapok voltak, amikor 50,6 mm illetve 56,7 mm csapadék esett. A legmelegebbnek a július és az augusztus hónapok bizonyultak, amikor 20,1-, illetve 21,5 °C-os havi középhőmérsékletet regisztráltak. Leghidegebb a január és a február hónapokban volt, ekkor kevéssel 0 °C alatti havi középhőmérsékletet, -0,8 °C illetve -0,5 °C-ot regisztráltak.

A 2012-es év hőmérséklet és csapadékviszonyait tekintve a 2011-es évhez hasonlóan alakult (3. ábra). Az év során 337 mm csapadékot mértek, ebből a márciustól szeptemberig tartó időszakban 202 mm hullott. A legtöbb csapadék, 57 mm október hónapban volt, azonban május és július hónapokban is közel ennyi, 50,7 mm illetve 52,9 mm hullott. Május hónap során jégeső sújtotta a területet. Az évi középhőmérséklet 11,1 °C-nak adódott.



3. ábra. A 2012-es év havonkénti hőmérséklet és csapadék értékei (forrás: OMSZ, Ercsi).

A vegetációs időszak effektív hőösszege 3570 °C-nak adódott. A legmelegebb hónap a július volt, 23 °C középhőmérséklettel. A leghidegebb ezen a kísérleti helyszínen is szintén februárban valamint decemberben adódott, -3,5 °C illetve -1 °C.

#### BCE SZBI Szigetcsépi Tangazdaság

A sík kísérleti terület tengerszint feletti magassága 98 m, a talaj jellemzői az 1. táblázatban találhatók. A sorok tájolása ÉNy–DK. Vizsgált fajtánk a Berlandieri X Riparia T. K. 5BB alanyra oltott Viktória gyöngye, az ültetvény telepítésének éve: 1997. A telepítés ikertőkés, a tőkék térállása 3 (sortáv) x (1,7 + 0,3 (tőtáv)) m, a tőkeművelésmód egyesfüggöny. A támasz egysíkú, függőleges, nincsenek hajtástartó- és segédhuzalok, a tőke karját és a hajtásokat az 5 mm-es kartartó huzal tartja.

A sorközök művelése mechanikai módon, a soralkak művelése kapálással és damilos kaszával történt.

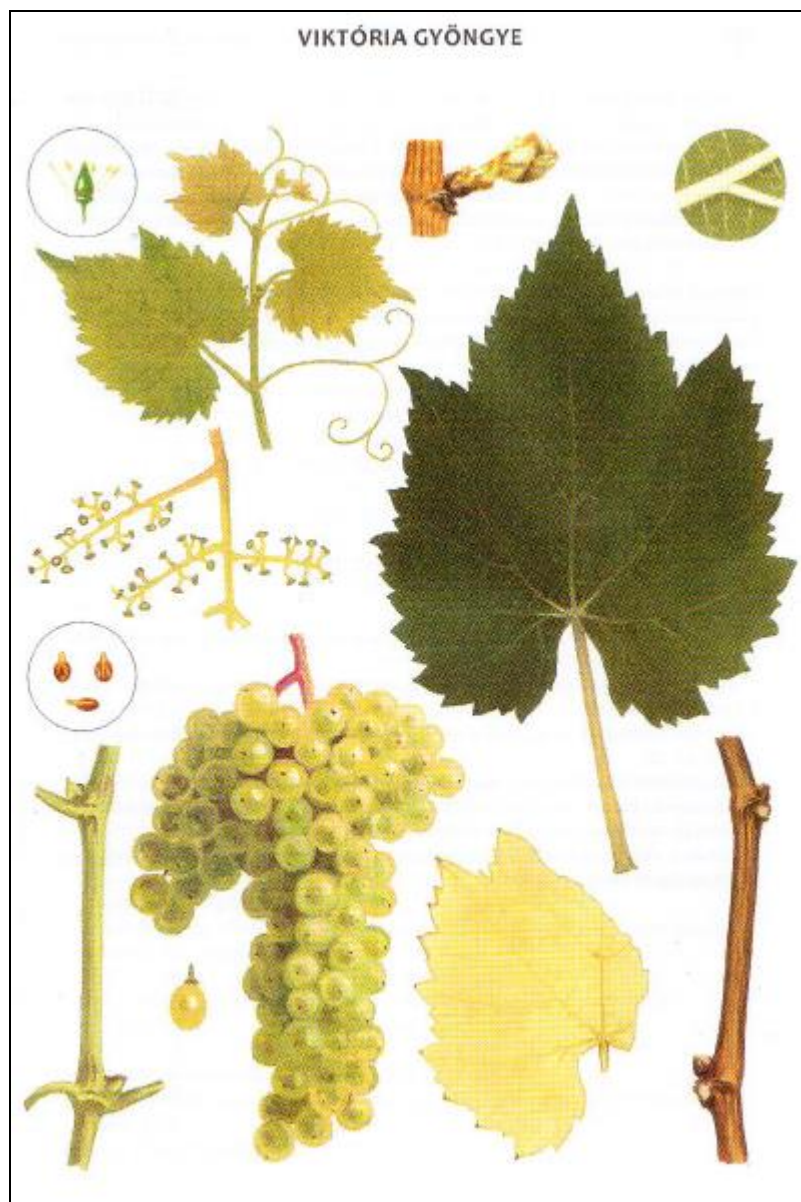
1. táblázat. A Szigetcsépi Tangazdaság kísérleti blokkjának talajtani jellemzői (Szigetcsép, 2010)

	0-30 cm	30-60 cm
pH(H <sub>2</sub> O)	7,97	8,00
pH(KCl)	7,80	7,86
Arany-féle kötöttségi szám	35,00	33,00
Szénsavas mész (m/m%)	2,67	3,17
Humusz (m/m%)	0,70	0,52
Összes só (m/m%)	0,01	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	341,27	300,13
K <sub>2</sub> O (mg/kg)	73,47	79,00
Ca (mg/kg)	11671,00	12920,33
Mg (mg/kg)	32,50	31,63
Fe (mg/kg)	35,07	32,07
Mn (mg/kg)	29,90	24,47
Cu (mg/kg)	27,94	31,10
Zn (mg/kg)	5,20	4,32
Na (mg/kg)	10,87	10,25
(NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> )-N (mg/kg)	5,51	4,32
SO <sub>4</sub> -S (mg/kg)	37,95	40,97

### Vizsgált fajta: Viktória gyöngye

Neve az állami elismerése előtt: Cs.F.T. 195.

Kozma Pál, Sz. Nagy László, és Urbányi Márta által előállított fajhibrid (Seyve-Villard 12375 X Csaba gyöngye). Állami elismerést 1995-ben kapott. Főként az Alföldön termesztik (Hajdu 2013). Félmerev hajtás, nyitott vitorla jellemzi, levelei közénagyok, szív alakúak. A levélszél fűrészcsipkés. Vállas vagy ágas, nagy fürtöket nevel, melyek átlagtömege 210 g. (4. ábra). Erős növekedésű, szeptember második felében érő (Bényei és Lőrincz 2005), rezisztens bőtermő (16-17 t/ha) fehérborszőlő-fajta (Hajdu 2013). Fekvés és talaj iránt nem igényes. Érést követően bogyói kissé peregnek. Fagy- és téltűrése kiváló, peronoszpórával szemben mutatott ellenállása kiváló, lisztharmattal szemben közepesen ellenálló (Hajdu 2013). Termése pezsgőkészítésre is felhasználható, másodtermés képzésre hajlamos. Terméséből készült bor semleges ízű, savas karakterű asztali minőségű ital (Bényei et al. 1999, Tóth és Perneszi 2001).



4. ábra. Viktória gyöngye (Forrás: Hajdu E.: Magyar szőlőfajták)

### **Teleki-Kober 5BB**

Ajánlott alanyfajta; F. Kober osztrák szőlész szelektálta a Berlandieri x Riparia T.5A fajtából. Mésztűrő képessége 35-40 magyar mészfok, magasabb mésztartalmú talajokon kevesebb termést indukál. Jó gyökeresedés, bő vesszőhozam jellemzi, szárazságtűrő (mélyre hatoló gyökérzet), adaptációs képessége és affinitása jónak mondható. A talaj iránt kevésbé igényes (Bényei et al. 1999, Bényei és Lőrincz 2005, Hajdu 2013).

#### **4.1.2. Gál Szőlőbirtok és Pincészet, Szigetcsép**

A birtok a Kunsági borvidéken helyezkedik el, a Tangazdaság tőszomszédságában. A mintavétel Szigetújfalu határában, az Újfalui dűlőben történt, 98 m-es tengerszint feletti magasságú területen. Az ültetvény telepítésének éve 2002, ÉK-DNy tájolású, egyesfüggöny művelésmódú, Teleki 5C alanyra oltott Kékfrankos. A térállás 3 x (1,8+0,2) a tökeművelésmód

egyesfüggöny (ikertőkés elrendezés). A sorközök művelése mechanikai módon, a soraljak művelése vegyszeres gyomirtással történt. A terület talajtani jellemzőit a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat. A Gál Szőlőbirtok és Pincészet kísérleti blokkjának talajtani jellemzői (Szigetcsép, 2010)

	0-30 cm	30-60 cm
pH(H <sub>2</sub> O)	8,10	8,21
pH(KCl)	7,93	7,95
Arany-féle kötöttségi szám	32,00	32,00
Szénsavas mész (m/m%)	3,74	4,16
Humusz (m/m%)	0,90	0,88
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	398,00	336,00
K <sub>2</sub> O (mg/kg)	242,00	167,00
Mg (mg/kg)	36,50	37,30
Fe (mg/kg)	23,60	24,30
Mn (mg/kg)	32,50	23,80
Cu (mg/kg)	25,00	30,00
Zn (mg/kg)	6,30	6,67
Na (mg/kg)	14,20	11,80
(NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> )-N (mg/kg)	20,70	11,30
SO <sub>4</sub> -S (mg/kg)	4,00	4,87

#### Vizsgált fajta: Kékfrankos

Hasonnevei: Franconien noir, Limberger, Blaufränkisch, Frankovka, Franconia nera, Morvka Frankinja crna, Nagyburgundi.

Morfológiai bélyegei alapján keleti származású, 1956-ban államilag elismert vörösborszőlő-fajta. Pontos származása nem ismert, valószínűleg régi osztrák fajta. A filoxéravész idején került Sopronba, ezt követően kezdték az egész országban termesztetni (Hajdu 2013). Félmerev-merev hajtás és nyitott vitorla jellemzi. Levele ötszögletű, középnagy-nagy, szövete könnyen szakadó. Levélszéle fűrészes-csipkés (5. ábra). Viszonylag kevés zöldmunkát igénylő fajta, fekvés és talaj iránt kevésbé igényes. Fürtje vállas, tömött, középnagy, 150 g átlagtömegű, bőtermő (11-12 t/ha) (Hajdu 2013). Viszonylag fagy-és szárazságtűrő fajta, terméséből minőségi vörösbor készíthető. Bora savas karakterű, fanyar, testes minőségi vörösbor, rozé készítésére is kiválóan alkalmas (Bényei et al. 1999, Tóth és Pernes, 2001).





5. ábra. Kékfrankos (forrás: [www.st-antony.de](http://www.st-antony.de))

### **Teleki 5C**

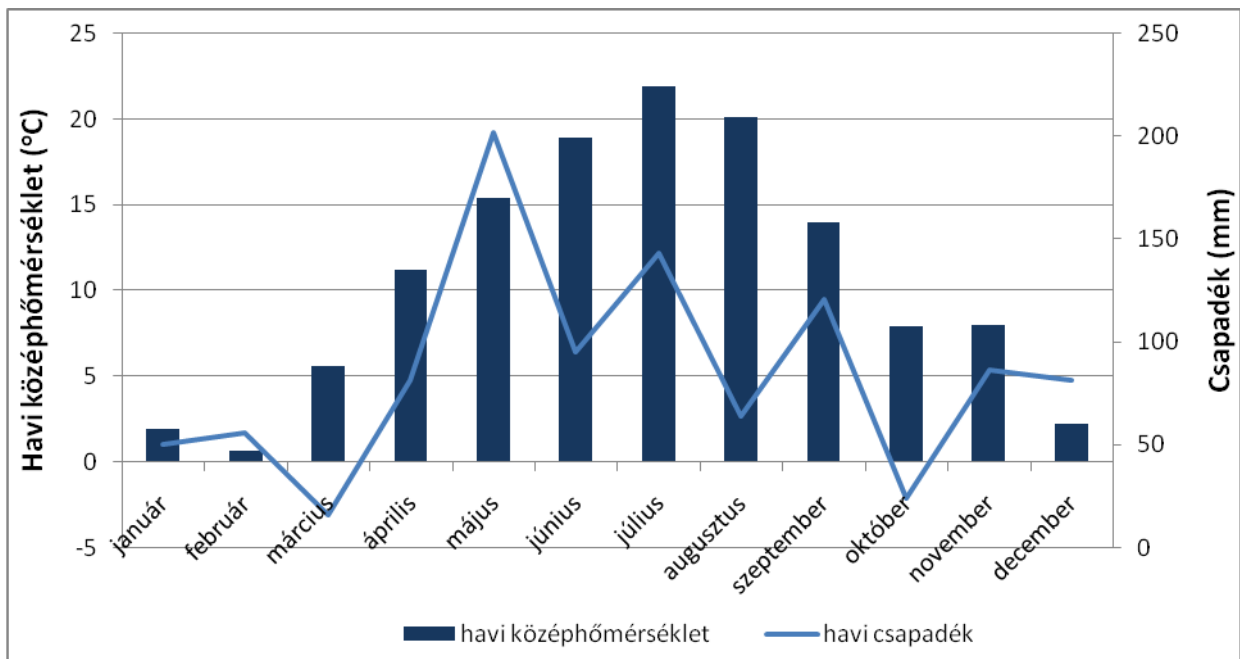
Ajánlott alanyfajta; Teleki Sándor szelekciós tevékenysége során született a Berlandieri x Riparia T.5A fajtából. Mésztűrő képessége 40-50 magyar mészfok, jól gyökeresedik, szárazságtűrő, affinitása és adaptációs képessége jó. Erős növekedés és bő vesszőhozam jellemzi. Bő termést és jó minőséget indukáló alanyfajta (Bényei et al. 1999, Bényei és Lőrincz 2005, Hajdu 2013).

#### **4.1.3. Egri kísérleti helyszín**

Az Egri borvidék Magyarország északkeleti részén helyezkedik el, területén a szőlőtermesztés kultúrája közel ezer évre nyúlik vissza. A borvidék 5288 hektár nagyságú, névadója és központja Eger város.

#### **Az évjáratok jellemzése**

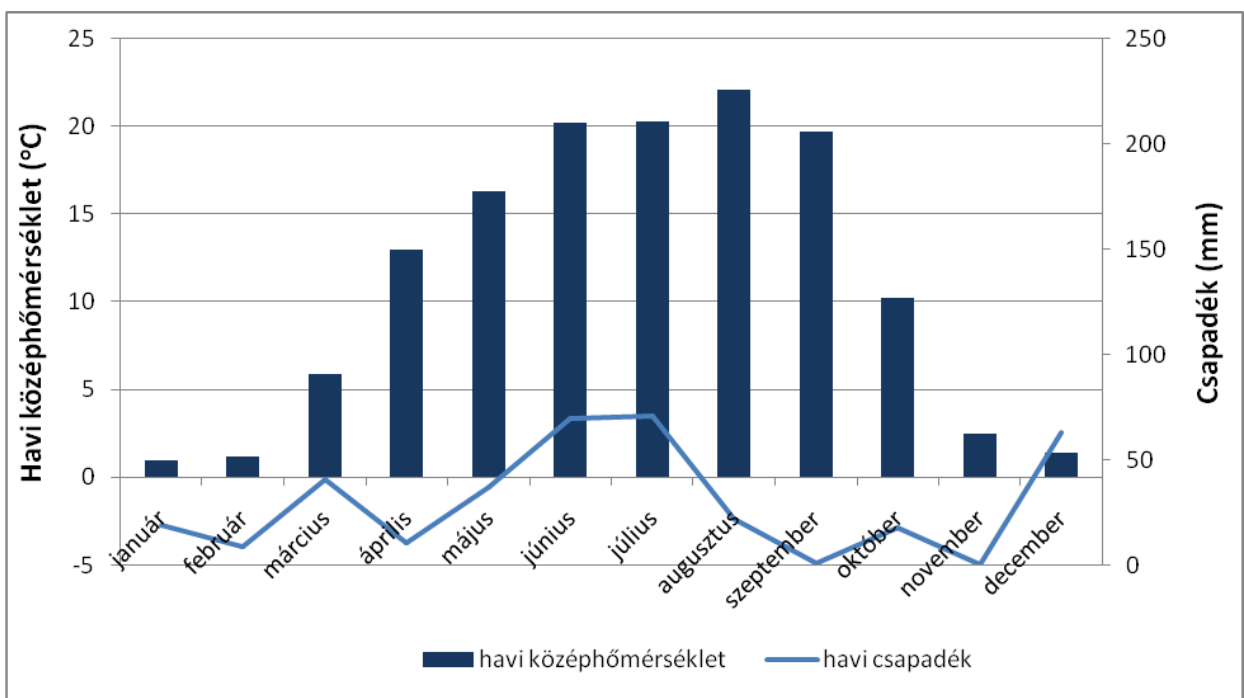
A kísérlet első éve, 2010 igen csapadékos volt minden borvidéken, megnehezítve a termelők munkáját. A csapadék eloszlása az év során egyenetlen volt, s a legtöbb esetben az eső hirtelen lezúduló, nagy viharok formájában érkezett. Egerben 1016 mm csapadék esett, melynek több mint fele, 720 mm a márciustól szeptemberig tartó időszakban hullott (6. ábra).



6. ábra. A 2010-es év havonkénti hőmérséklet és csapadék értékei (forrás: OMSZ, Eger).

A legtöbb csapadék 201 mm májusban volt. Az éves középhőmérséklet 10,6 °C, a vegetációs időszak effektív hőösszege 3213 °C volt. A legmelegebb hónapok a július és az augusztus voltak, 21,9 illetve 20,1 °C-os középhőmérséklettel. A leghidegebb hónap a február volt, azonban a havi középhőmérséklet ekkor sem süllyedt 0 °C alá.

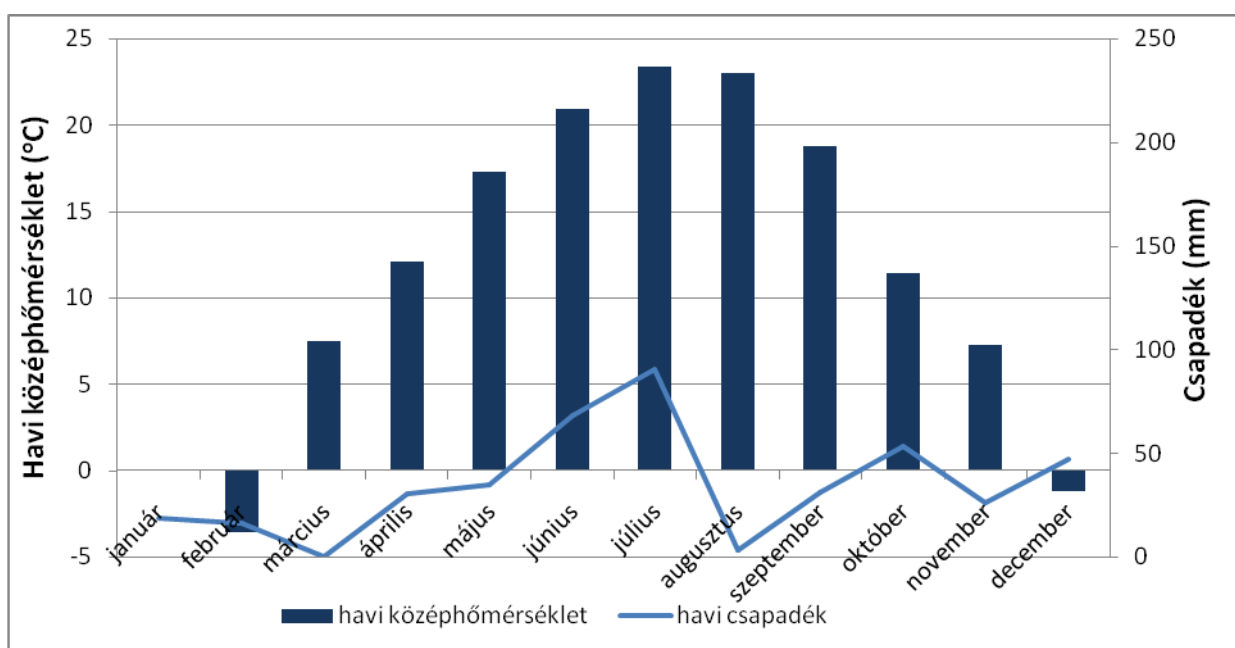
Az extrém, csapadékos 2010-es esztendőt egy viszonylag száraz év követte, mely növényvédelmi szempontból kedvezőnek bizonyult. A viszonylag száraz, meleg nyárutó és ősz kedvezett a termés-érésnek.



7. ábra. A 2011-es év havonkénti hőmérséklet és csapadék értékei (forrás: OMSZ, Eger).

Egerben 2011-ben 359 mm csapadék hullott, melyből a márciustól szeptemberig tartó időszakban 251 mm esett (7. ábra). A legtöbb csapadék júniusban és júliusban hullott, 69,4 illetve 70,7 mm. Az éves középhőmérséklet 11,15 °C volt, a vegetációs időszak effektív hőösszege 3523 °C. A legmelegebb a júniustól augusztusig tartó periódus volt, amikor a havi középhőmérséklet 20,2 °C, 20,3 °C illetve 22,1 °C volt. A legalacsonyabb havi középhőmérsékletet, 1 °C-ot, illetve 1,4 °C-ot januárban és decemberben regisztrálták.

A 2012-es év hőmérséklet és csapadékviszonyait tekintve a 2011-es évhez hasonlóan alakult. Egerben az év során 421 mm csapadék hullott, ebből a tenyészidőszakban, márciustól szeptemberig 259 mm (8. ábra).



8. ábra. A 2012-es év havonkénti hőmérséklet és csapadék értékei (forrás: OMSZ, Eger)

Az éves középhőmérséklet 11,4 °C volt. A vegetációs időszak effektív hőösszege 3689 °C. A legmelegebb július és augusztus hónapban volt, amikor 23,4 °C illetve 23 °C havi középhőmérsékletet regisztráltak. A leghidegebb hónapok a február és a december voltak -3,6 °C illetve -1,2 °C-os középhőmérséklettel.

#### 4.1.4. Villangó Szőlőbirtok, Eger

Az Eger határában elterülő Villangó Szőlőbirtokon három vizsgálati blokkot jelöltünk ki, eltérő tengerszint feletti magasságokon. Az ültetvény 2001-es telepítésű, Teleki-Kober 125 AA alanyra oltott Pinot noir fajta. A talaj Ramann-féle barna erdőtalaj, Arany-féle kötöttsége 46, agyagos vályog, humusztartalma 1,5% (3. táblázat). Az ültetvény tengerszint feletti magasságai:

227-242 m. A sorok ÉNy-DK-i vezetésűek, a lejtőszög 6%. A tőkeművelésmód Guyot-művelés, a tőkék térállása: 2,4 x 0,8 m. A közbülső és a végoszlopok anyaga akác. Kartartó huzal, és két huzalpár biztosítja a megfelelő támaszt. A sorközök művelése mechanikai úton történt, kaszált sorközökkel váltakozva. A soralj művelése gyomirtással történt. A sorközöket négy alkalommal kultivázorozták, majd ősszel mélylazították.

3. táblázat. A Villangó Szőlőbirtok talajtani jellemzői (Eger, 2010)

	0-30 cm	30-60 cm
pH(H <sub>2</sub> O)	6,97	7,16
pH(KCl)	5,61	5,81
Arany-féle kötöttségi szám	48,00	53,00
Szénsavas mész (m/m%)	0,00	0,00
Humusz (m/m%)	2,01	1,63
Összes só (m/m%)	0,10	0,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	330,00	300,00
K <sub>2</sub> O (mg/kg)	298,00	265,00
Mg (mg/kg)	568,00	679,00
Mn (mg/kg)	266,00	268,00
Cu (mg/kg)	12,20	9,60
Zn (mg/kg)	3,82	4,43
Na (mg/kg)	37,20	26,20
(NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> )-N (mg/kg)	33,50	33,20
SO <sub>4</sub> -S (mg/kg)	29,40	21,60

### Vizsgált fajta: Pinot noir

Hasonnevei: Pineau noir, Blauer Burgunder, Spätburgunder, Noirien, Pinot nero, Burgundské modré, Burgunder crni, Kék kisburgundi.

Francia eredetű minőségi vörösborszőlő-fajta, hazánkban 1993-ban kapott állami elismerést. Korai fajta, 9-10 t/ha termésátlag jellemzi. Középerős növekedésű, jó fagy- és szárazságtűrő, rothadásra közepesen érzékeny. Hajtása elterülő jellegű, a vitorla nyitott. Levele középnagy, ötszögletű, a levélszél csipkés. Fürtje középnagy, 120 g átlagtömegű (9. ábra). A belőle készített bor illatos, zamatos, jellegzetesen fűszeres, színanyagban közepesen gazdag, savas karakterű minőségi bor, amely gyors préselés esetén fehér pezsgő készítésére is alkalmas (Bényei et al. 1999, Tóth és Pernes, 2001, Bényei és Lőrincz 2005).



9. ábra. Pinot noir (fotó: [www.hospitalitynu.blogspot.hu/p/grapes.html](http://www.hospitalitynu.blogspot.hu/p/grapes.html))

#### **Teleki-Kober 125AA:**

F. Kober osztrák szőlész szelektálta Teleki Zsigmond hibridjeiből. Jó gyökeresedés, erős növekedés, jó adaptációs képesség, illetve affinitás jellemzi. Mélyre hatoló gyökérrendszert fejleszt, kötött, kevésbé vízáteresztő termőtalajokra megfelelő. Hazánkban kevésbé elterjedt fajta, mésztűrő képessége alacsonyabb, mint az ajánlott fajtáké (Bényei et al, 1999, Bényei és Lőrincz 2005, Hajdu 2013).

#### **4.2. Rügyterhelési és lombtrágyázási kísérletek**

##### **4.2.1. Rügyterhelési és lombtrágyázási kísérlet a BCE SZBI Szigetcsépi Tangazdaságban**

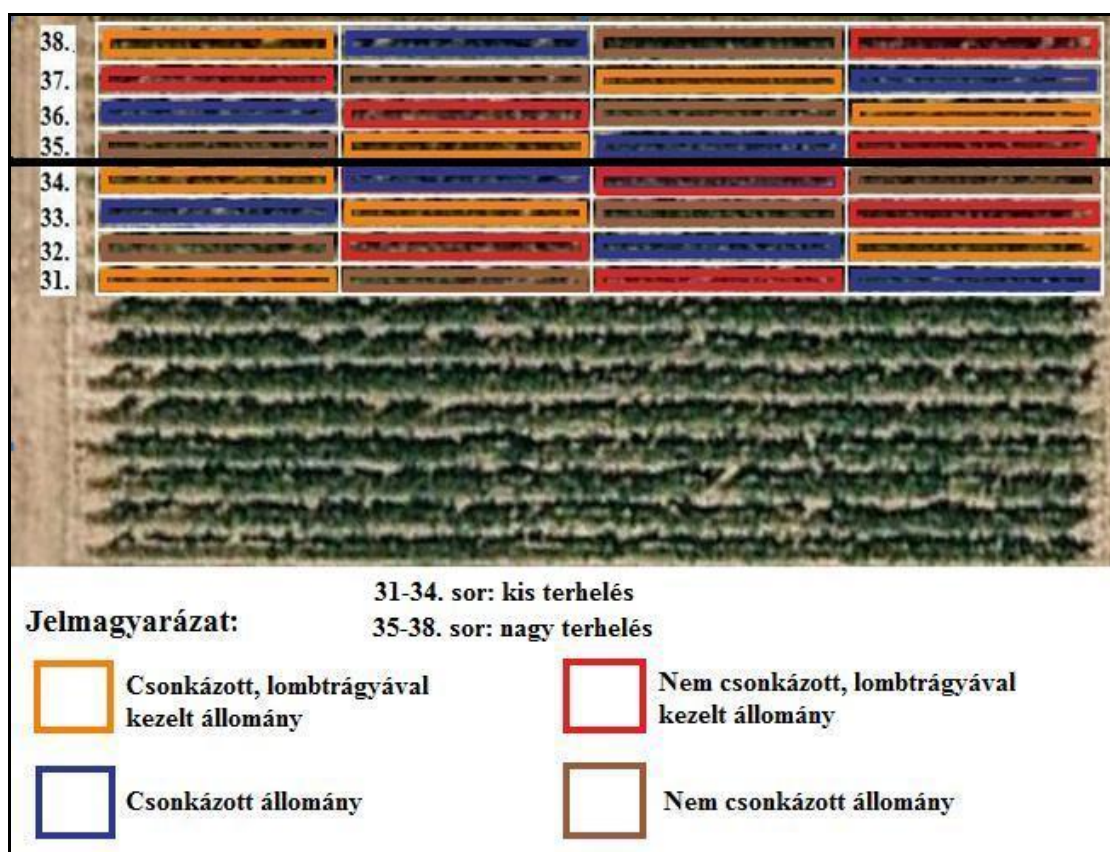
A kísérleti parcellák kijelölése randomizált blokk-elrendezésben történt (25 tőke/blokk) (10. ábra). A kísérlet beállítását 2010-2011 telén végeztem, majd 2011-2012 telén hasonlóan elvégeztem a rügyterhelésnek megfelelő metszést (4. táblázat). A csonkázást a talajszinttől mérve 100 cm magasan végeztem el. Mikorrhiza-kolonizáció felmérését szolgáló vizsgálatokhoz a mintavételezésre 2011 és 2012 tavaszán (virágzás után) és őszén (szüret előtt). A lombtrágya kijuttatását háromszor - június közepén, július közepén, augusztus közepén - végeztem.

Munkám során Fosfonin Flow lombtrágyát alkalmaztam:  $P_2O_5$ : 72,7 % w/w,  $K_2O$ : 8,3 % w/w,  $KH_2PO_4$ : 81,0 % w/w. Kijuttatott dózis: 1,5 l/ha.

## Kezelések

4. táblázat. A Szigetcsépi Tangazdaságban 2010/2011 telén Viktória gyöngye fajtán beállított kísérleti kezelések, és a későbbiekben alkalmazott jelölésük

KK	Kontroll: kis terhelés (3 rügy/m <sup>2</sup> ), a talajszinttől 100 cm magasan csonkázott lombsátor (11. ábra)
BK	Kis terhelés (3 rügy/m <sup>2</sup> ), nem csonkázott lombsátor (12. ábra)
SK	Kis terhelés (3 rügy/m <sup>2</sup> ), a talajszinttől 100 cm magasan csonkázott lombsátor, Fosfonin Flow lombtrágyával kezelve
PK	Kis terhelés (3 rügy/m <sup>2</sup> ), nem csonkázott lombsátor, Fosfonin Flow lombtrágyával kezelve
KN	Nagy terhelés (10,7 rügy/m <sup>2</sup> ), a talajszinttől 100 cm magasan csonkázott lombsátor (13. ábra)
BN	Nagy terhelés (10,7 rügy/m <sup>2</sup> ), nem csonkázott lombsátor (14. ábra)
SN	Nagy terhelés (10,7 rügy/m <sup>2</sup> ), a talajszinttől 100 cm magasan csonkázott lombsátor, Fosfonin Flow lombtrágyával kezelve
PN	Nagy terhelés (10,7 rügy/m <sup>2</sup> ), nem csonkázott lombsátor, Fosfonin Flow lombtrágyával kezelve



10. ábra. A Szigetcsépi Tangazdaságban Viktória gyöngye fajtán, 2010/2011 telén beállított kísérlet helyszínrajza





11. ábra. A kísérleti egyesfüggöny művelésű Viktória gyöngye ültetvény kis rügyterhelésű ( $3 \text{ rügy/m}^2$ ), csonkázott blokkja (Szigetcsép, 2011)



12. ábra. A kísérleti egyesfüggöny művelésű Viktória gyöngye ültetvény kis rügyterhelésű ( $3 \text{ rügy/m}^2$ ), nem csonkázott blokkja (Szigetcsép, 2011)



13. ábra. A kísérleti egyesfüggöny művelésű Viktória gyöngye ültetvény nagy rügyterhelésű ( $10,7 \text{ rügy/m}^2$ ), csonkázott blokkja (Szigetcsép, 2011)



14. ábra. A kísérleti egyesfüggöny művelésű Viktória gyöngye ültetvény nagy rügyterhelésű ( $10,7 \text{ rügy/m}^2$ ), nem csonkázott blokkja (Szigetcsép, 2011)



#### 4.2.2. Rügyterhelési kísérlet a Gál Szőlőbirtok és Pincészet (Szigetcsép) területén

A birtokon 2009-ben beállított rügyterhelési kísérletet mintáztam (kis terhelés: 4 rügy/m<sup>2</sup>; nagy terhelés 11 rügy/m<sup>2</sup>). Két vegetációs időszakot követően, 1010-2011 telén a kísérleti szőlősorokat egységesen 8 rügy/m<sup>2</sup> terhelésű tőkéké alakították vissza, a termesztési gyakorlatnak megfelelően (15, 16, 17. ábra). Méréseimet 2010 őszén kezdtem, eltérő terhelések hatását vizsgálva, majd 2011 tavaszán folytattam, az „uniformizált” ültetvényben, a megváltozott rügyterhelés hatását vizsgálva.

##### Kezelések

A terhelések beállítva: 2008-2009, valamint 2009-2010 telén

- Kis terhelés (4 rügy/m<sup>2</sup>)
- Nagy terhelés (11 rügy/m<sup>2</sup>)

A korábbi kis-és nagy terhelés egységesítése 2010-2011 telén:

- „Üzemi” terhelés (8 rügy/m<sup>2</sup>)



15. ábra. Kis rügyterhelésű blokk (4 rügy/m<sup>2</sup>) a Gál Szőlőbirtok és Pincészet Kékfrankos kísérleti parcelláján (2009) Fotó: Gál Csaba



5. ábra. Üzemi rügyterhelésű (8 rügy/m<sup>2</sup>) blokk a Gál Szőlőbirtok és Pincészet Kékfrankos kísérleti parcelláján (2009) Fotó: Gál Csaba



17. ábra. Nagy rügyterhelésű (11 rügy/m<sup>2</sup>) blokk a Gál Szőlőbirtok és Pincészet Kékfrankos kísérleti parcelláján (2009) Fotó: Gál Csaba

#### 4.3. Lejtős területű szőlőültetvény eltérő tengerszint feletti magasságú szőlőparcelláinak mikorrhiza-kolonizációjának vizsgálata (Villangó Szőlőbirtok, Eger)

A vizsgált Pinot noir ültetvény legmélyebbi pontján, a telepítést megelőző évtizedekben nem műveltek szőlőt, mivel belvíz kialakulásának lehetősége fennáll a kb. 1000 m<sup>2</sup>-es területen. A területen 2010-ben jelentős mennyiségű csapadék hullott, s a terület legmélyebb pontja 2011 nyaráig vízzel telített volt (18. ábra). A jelenség a korábbi években is megfigyelhető volt, azonban az 1016 mm csapadék hatására 2011-re ezen a részen kipusztultak a tőkék. 2012-ben a száraz nyár végett, az egykor belvizzel borított kvadráton megszűnt a vízborítás (19. ábra).



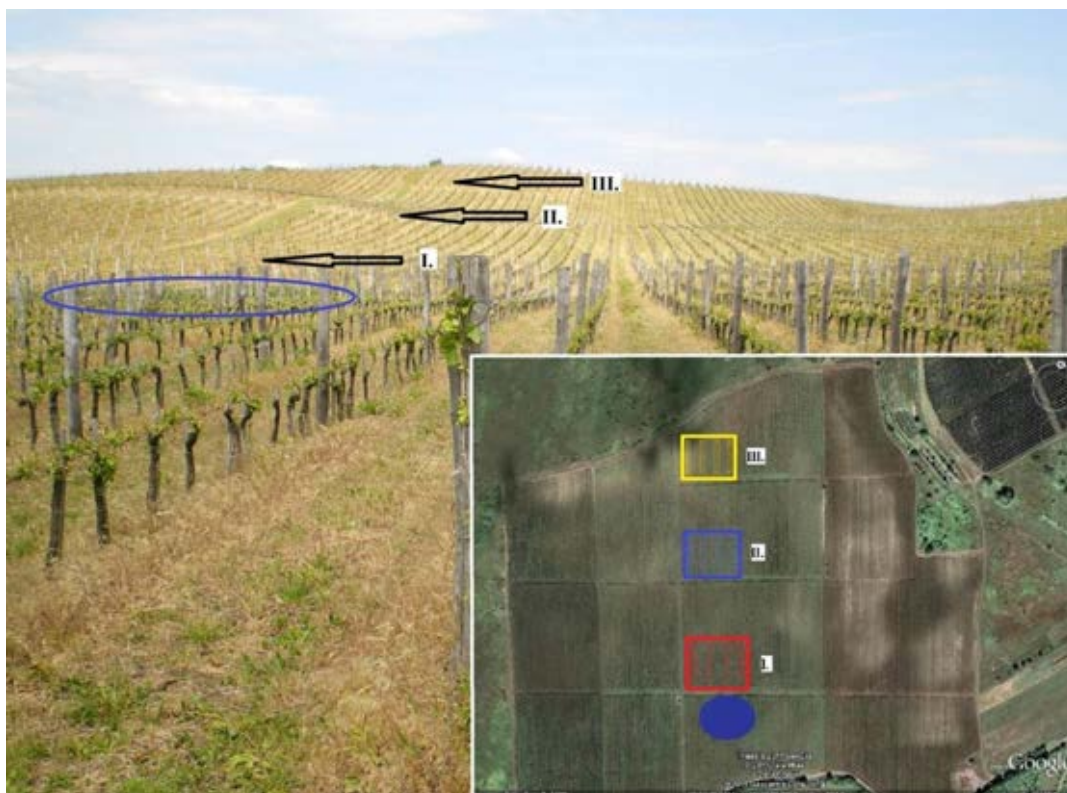
6. ábra. Belvízzel borított területrész az egri Villangó Szőlőbirtok Pinot noir ültetvényében (2011)



7. ábra. A belvíz visszahúzódása után az egri Villangó Szőlőbirtok Pinot noir ültetvényében (2012)

Első vizsgálati blokkunk e kipusztult terület rész tőszomszédságában található, majd a terület legmagasabb pontja felé haladva további két blokkot jelöltünk ki. A kísérlet tervezése során, a három vizsgált magassági ponton jelöltük ki a vizsgálni kívánt blokkokat (20. ábra).





8. ábra. A mintaterületek kijelölése eltérő tengerszint feletti magasságokon az egri Villangó Szőlőbirtok Pinot noir ültetvényében (2011)

### Mintaterületek

Eltérő tengerszint feletti magasságon elhelyezkedő kísérleti blokkok:

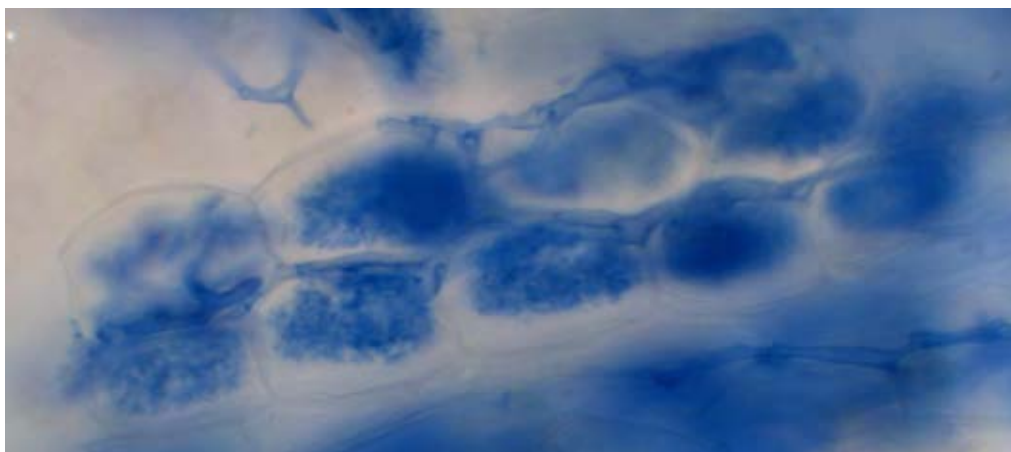
- (belvízzel borított terület: 226 m.)
- I. blokk: 227 m.
- II. blokk: 236 m.
- III. blokk: 242 m.

#### 4.4. A szőlő mikorrhizáltság és vízpotenciál vizsgálata

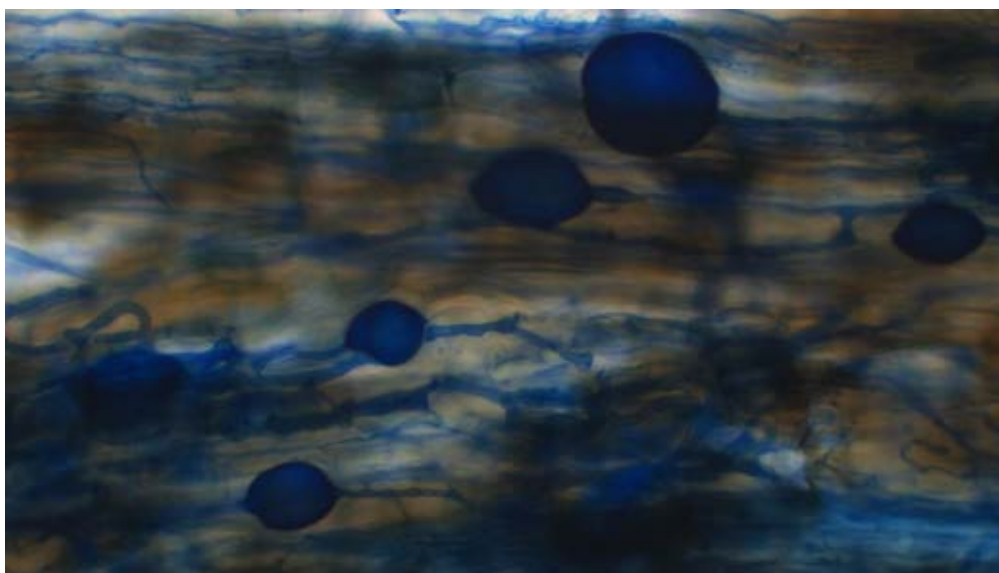
A mikorrhiza-vizsgálathoz - minden mintavétel alkalmával - kezelésenként (illetve, az egri helyszín esetén mintaterületenként) 16-16 tőkéről vettem hajszálgöyökér-mintákat, tőkénként 5-5 cm-t. A feltárás a soraljban, a tőkék közvetlen közelében történt, 0-50 cm-es mélységben. A gyökerek közül a talajt a helyszínen desztillált vízzel kimostam, a gyökérzetet 70%-os etanolban fixáltam.

A későbbi vizsgálat során a mintákat Petri-csészében 1 cm-es szakaszokra vágtam. Kezelésenként 30 db, véletlenszerűen kiválasztott mintát vizsgáltam (Giovannetti és Mosse 1980, Rajapakse és Miller 1992) KOH-dal végzett derítés és anilinkékkel történt festés után, fénymikroszkóp alatt McGonigle (1990) Schreiner (2003) által módosított metodikája szerint.

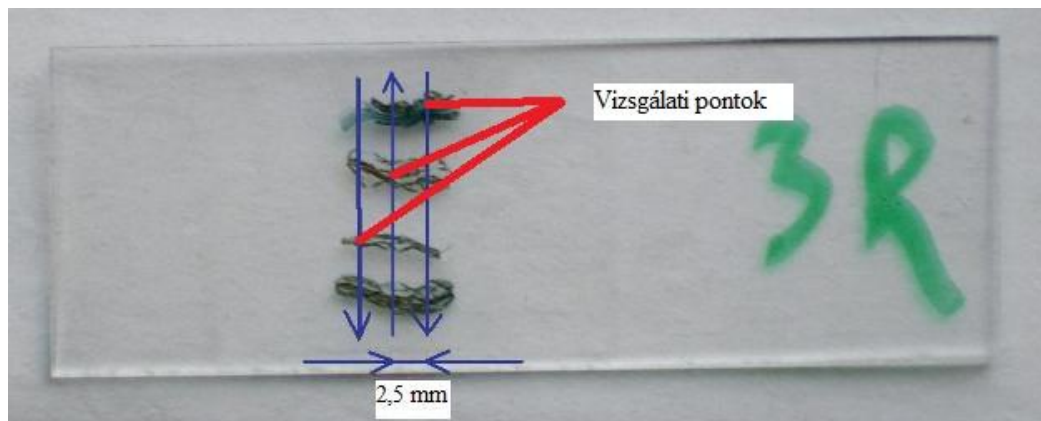
Minden 1 cm-es gyökérszakaszon három vizsgálati pontot értékeltem, melyek egymástól 2,5 mm-re találhatók (Schreiner 2003) (23. ábra). Amennyiben a vizsgált gyökérszakasz tartalmazott arbuszkulumot (21. ábra) és/vagy hifát, vezikulumot (22. ábra), kolonizáltnak tekintettem. Munkám során meghatároztam a következőket: kolonizáció (K %), amennyiben a vizsgált gyökérszakasz tartalmazott arbuszkulumot és/vagy hifát vezikulumot; arbuszkuláris kolonizáció (A%), ha a vizsgált gyökérszakasz tartalmazott arbuszkulumot. Továbbá, mivel a gomba-növény kapcsolat eredményességét leginkább az arbuszkulumok gyakorisága jellemzi (Schreiner 2003, Pinkerton et al. 2004, Schreiner 2005), a százalékos értékelés mellett a vizsgálati pontokban (23. ábra) darabra pontosan is megszámoltam az arbuszkulumokat: arbuszkulum-szám (A db.).



9. ábra. Mikorrhiza képletek: hifák és arbuszkulumok



10. ábra. Mikorrhiza képletek: hifák és vezikulumok



11. ábra. Mikorrhiza vizsgálat során tárgylemezre előkészített gyökérszakaszok, és a vizsgálati pontok

### Vízpotenciál-mérés

2012-ben (Szigetcsép, Eger) sor került a szőlőlevelek nappali vízpotenciáljának ( $\Psi_m$ ) mérésére (Scholander et al. 1964). Munkám során SPKM 4000 (Skye Instruments Ltd.) vízpotenciál mérőt használtam (24. ábra). A műszer 0-40 bar közötti nyomás mérésére képes. Derült, kánikulai nyári napokon a déli órákban kezelésenként nyolc-nyolc növényről nyolc-nyolc ép, egészségesnek látszó levelet gyűjtöttem a 8-10. levélemeletről. A mérést Szigetcsépen a Viktória gyöngye fajtán 2012. 08. 12, és 2012. 08. 23-i napokon végeztem el, míg Egerben (Pinot noir) 2012. 08. 19-én került sor a mérésre.





12. ábra. Scholander nyomáskamrával végzett napközi vízpotenciál ( $\Psi_m$ ) mérés (Eger, 2012)



#### 4.5. További vizsgálatok

##### 4.5.1. A levelek tápanyagtartalma

2011-ben és 2012-ben szüretkor a Szigetcsépi Tangazdaság és a Villangó Szőlőbirtok (Eger) területén levélmintavételre került sor. Kezelésenként 10 növényről, az első fürttel átellenben elhelyezkedő levelet szedtem le. A méréseket a Badacsonyi Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet akkreditált laboratóriumában végeztettem el. A mintákat az 5. táblázatban ismertetett módszerek szerint dolgozták fel a kutatóintézet munkatársai.

2. táblázat. A növényvizsgálat során alkalmazott módszerek és eszközök (Pannon Egyetem Agrártudományi Centrum, 2011, 2012)

Vizsgálati paraméter	Módszer	Bizonytalanság ( $\pm$ rel%)
Minta előkészítés	MSZ-08-1783-1:1983	
Nitrogén tartalom	MSZ-08-1783-6:1983	10
Foszfor tartalom	MSZ-08-1783-4:1983	10
Kálium tartalom	MSZ-08-1783-5:1983	10
Na tartalom	MSZ-08-1783-5:1983	10
Kálcium tartalom	MSZ-08-1783-2:1983	10
Magnézium tartalom	MSZ-08-1783-3:1983	10
Vas tartalom	MSZ-08-1783-7:1983	10
Mangán tartalom	MSZ-08-1783-8:1983	10
Réz tartalom	MSZ-08-1783-10:1983	10
Cink tartalom	MSZ-08-1783-9:1983	10
Bór tartalom	MSZ-08-1783-12:1983	10

A vizsgálat során alkalmazott berendezések: Elektronikus mérleg (Kern KB 6000-1, Kern 770-15); Szárítószekrény (Memmert) izzító kemence (Nabertherm); Blokkroncsoló TECATOR BD20; Kjeltec 2200 automata desztilláló; Fotométer (Spectro UV-VIS Auto); Atomabszorpciós spektrofotométer (GBC 932 plus).

##### 4.5.2. A termésmennyiség, vesszőtömeg, titrálható savtartalom és mustsűrűség meghatározása

3. táblázat. A kísérleti szüretetek időpontjai az egri és a szigetcséi helyszíneken (2011, 2012)

Helyszín	2011	2012
Szigetcsép	szeptember 22.	szeptember 16, október 4.*
Eger	szeptember 2.	szeptember 5.

\*A másodtermés szüretére is sor került

A mérés során kezelésenként 16 tőke termésmennyiségét ( $\text{kg/m}^2$ ) mértem meg a 6. táblázatban jelölt időpontokban. A mérések során digitális asztali mérleget (0,1 (Ohaus Defender

3000) használtam. A mustminőség vonatkozásában, a titrálható savtartalom meghatározása történt (g/l) 0,1 n nátrium-hidroxiddal végzett titrálással, brómtimolkék indikátor hozzáadásával. A mustok szárazanyag tartalmát (ref. %) – 0,0001 g/cm<sup>3</sup> pontosságú kézi refraktométerrel (DA-130N, Kyoto Electronics) végeztem el. 2011 és 2012. február-március hónapokban sor került a vesszőtömeg, majd a termőegyensúlyi állandó (tőkénkénti termés mennyiség (y) /vesszőtömeg (n)) meghatározására. Kezelésként szintén 16-16 tőkét metszettem. A vesszőtömeg meghatározására 0,01 kg pontosságú Berkley digitális mérleget alkalmaztam.

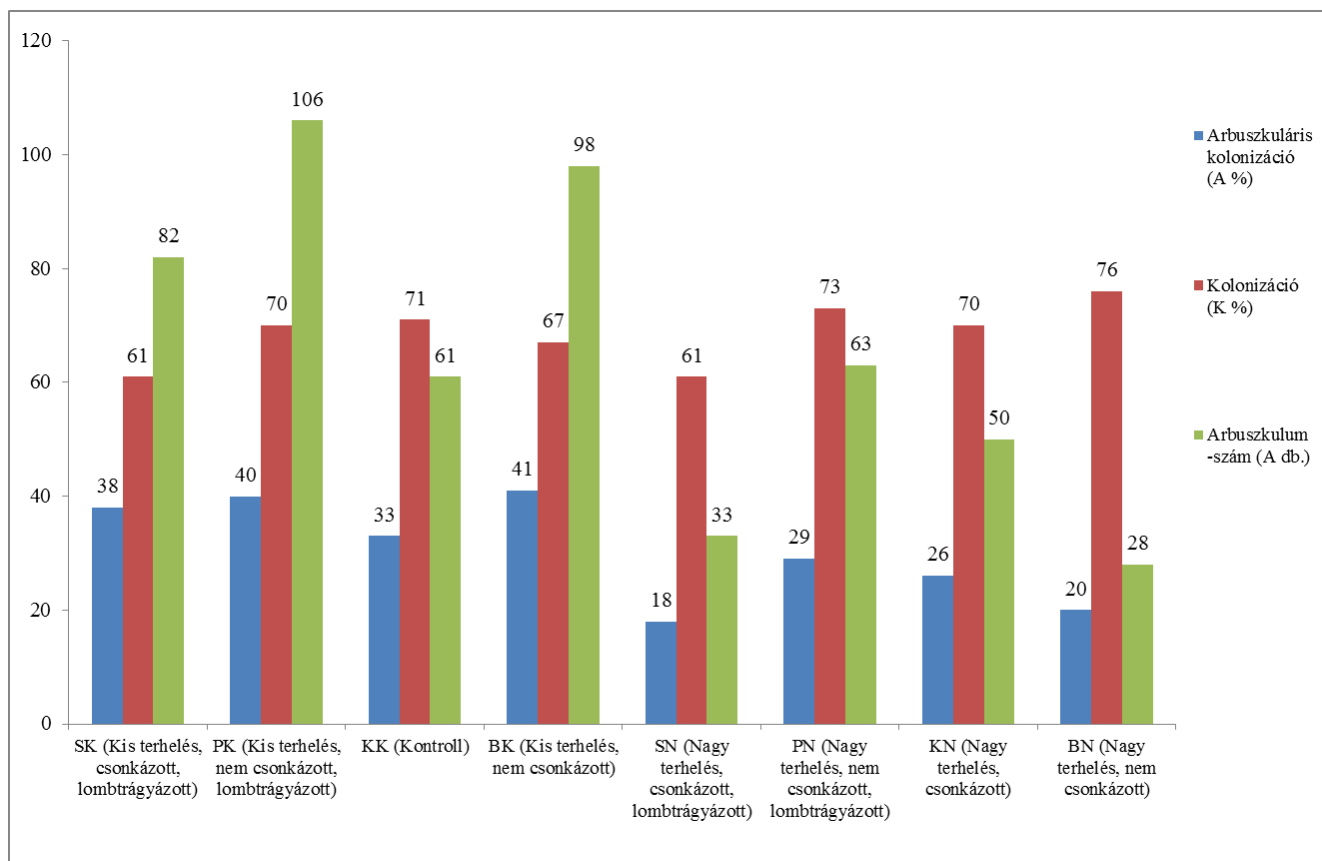
#### 4.6 Statisztikai analízis

A McGonigle (1990) Schreiner (2003) által módosított szisztémája szerint kiértékelt gyökérszakaszok eredményeit Excel programba szerkesztettem. A mikorrhiza kolonizáció (K %) összehasonlítása során IBM SPSS program Fisher's exact tesztjét alkalmaztam. Munkám során a további adatsorok statisztikai összehasonlító értékelését IBM SPSS One-Way Anova varianciaanalízis Tukey - tesztel végeztem. Az eredményeket a következőképpen jelöltem: n.s = az átlagok között nincs szignifikáns különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$ .

## 5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

### 5.1. Az eltérő rügyterhelés, csonkázás és a foszfor-hangsúlyos lombtrágyázás kezelések eredményei (BCE SZBI Szigetcsépi Tangazdaság)

#### 5. 1. 1. Kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei



13. ábra. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei az egyes kezelések szerint (2011 tavasz, Szigetcsépi Tangazdaság)

4. táblázat. A mikorrhiza-kolonizációra (K %), az arbuszkuláris kolonizációra (A %) és arbuszkulumszámra (A db.) vonatkozó páronkénti statisztikai analízis eredményei (2011 tavasz, Szigetcsépi Tangazdaság)

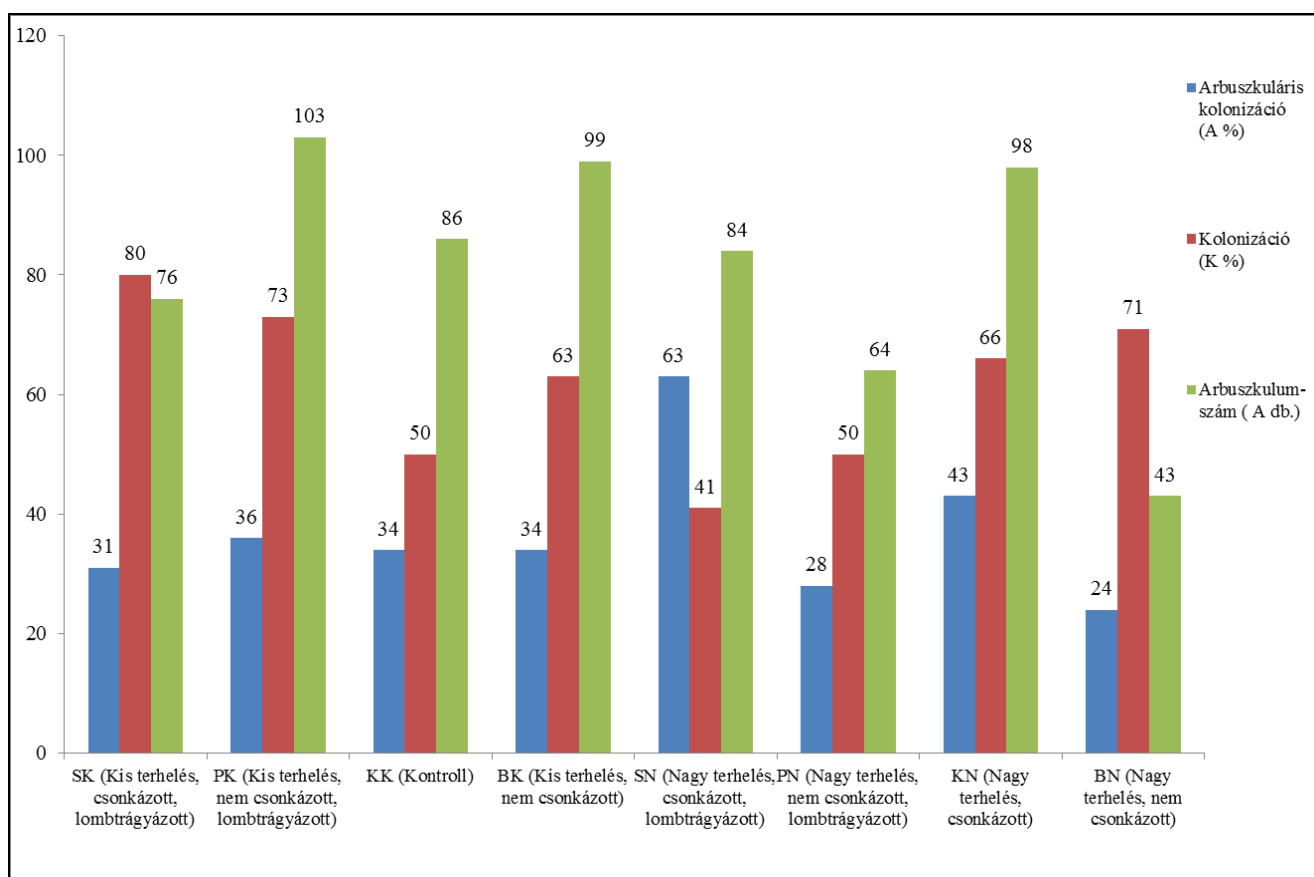
Kezelések	A %	K %	Arbuszkulum- szám (A db.)
BK-BN	***	n.s.	***
BK-KK	n.s.	n.s.	n.s.
BK-KN	**	n.s.	n.s.
BK-PK	n.s.	n.s.	n.s.
BK-PN	*	n.s.	n.s.
BK-SK	n.s.	n.s.	n.s.
BK-SN	***	***	***
BN-KK	*	n.s.	n.s.
BN-KN	n.s.	n.s.	n.s.
BN-PK	*	n.s.	***
BN-PN	n.s.	n.s.	n.s.
BN-SK	**	**	*
BN-SN	n.s.	n.s.	n.s.
KK-KN	n.s.	n.s.	n.s.
KK-PK	n.s.	n.s.	n.s.
KK-PN	n.s.	n.s.	n.s.
KK-SK	n.s.	n.s.	n.s.
KK-SN	*	***	n.s.
KN-PK	*	n.s.	*
KN-PN	n.s.	n.s.	n.s.
KN-SK	+	n.s.	n.s.
KN-SN	n.s.	n.s.	n.s.
PK-PN	+	n.s.	n.s.
PK-SK	n.s.	n.s.	n.s.
PK-SN	***	***	***
PN-SK	n.s.	n.s.	n.s.
PN-SN	+	***	n.s.
SK-SN	***	***	*

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

A terhelési kísérlet beállítása után, a 2011 tavaszi mintavétel során, virágzás után a kísérleti kezelésekből (SK, PK, KK, BK, SN, PN, KN, BN) az eltérő terhelés volt értékelhető, mivel még sem lombtrágyázás, sem pedig csonkázás nem történt. Ennek ellenére, minden kísérleti blokkot mintáztam (azaz kezelésként 64 db tőke gyökerének 360 pontján vizsgáltam a gombapartner jelenlétét). Az arbuszkuláris kolonizáció (A %) a kis (3 rügy/m<sup>2</sup>) terhelésnél (későbbi SK, BK, PK, KK blokkok) 38 %-os, míg a nagy terhelésnél (SN, BN, PN, KN) 23,25 % volt (25. ábra, 7. táblázat). A mikorrhiza kapcsolat kiemelkedő fontosságú a szőlő számára,

mivel gyökerei nem hálózzák be intenzíven a talajt, hajszálgökereik viszonylag vastagok, s egyúttal kevés számú, rövid gyökérszőröket fejlesztenek (Eissenstat 1992) és ezért a víz- és tápanyag ellátásában, kiegyenlített növekedésében a gyökérkapcsoltság igen fontos szerepet játszik (Menge et al. 1983, Schubert et al. 1988, Karagiannidis et al. 1995, Bavaresco et al. 1996, Biricolti et al. 1997, Petgen et al. 1998, Schreiner 2005). Bizonyos esetekben a kolonizációt tekintve is szignifikáns eltéréseket tapasztaltam, azonban számunkra leginkább az arbuszkulum-gazdagság a legfontosabb jellemző, mivel a kapcsolat funkcióképességét/aktivitását az arbuszkuláris kolonizáció jelzi leginkább (Pinkerton et al. 2004, Schreiner 2005), mivel jelentős méretű felületük biztosítja a növény és a gomba közti kölcsönös tápanyagcserét (Schreiner 2005).

Schreiner (2003) alacsonyabb kolonizációt detektált nagyobb termést indukáló alanyfajtáknál. És bár a mikorrhizált növények tápanyagfelvételét a talaj tulajdonságai, az ültetvényben folytatott talajművelés, és a tápanyag-gazdálkodás is befolyásolja, a gombapartner jelentősége a könnyen felvehető tápanyagokban szegény talajokon különösen nagy (Ryan és Graham 2002). Kísérletemben nagy terhelésnél alacsonyabb szintű arbuszkuláris kolonizációt és arbuszkulum-számot tapasztaltam. A nagyobb lombozat, a fejlődő, nagy fűrterhelés okozta tápanyagigény miatt minden bizonnyal kevesebb jutott a gombapartner táplálására, arbuszkulumok fejlesztésére. Ha a tőke jelentős mennyiségű szénhidrátot használ fel, kevesebb juthat a gombapartner számára, így az arbuszkulumok fejlesztésére is (Schreiner 2003), mely jelenség esetünkben a kolonizáció intenzitásának (A %, A db.) csökkenéséhez vezethetett.



14. ábra. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei az egyes kezelések szerint (2011 őszi, Szigetcsépi Tangazdaság)

5. táblázat. A mikorrhiza-kolonizációra (K %), az arbuszkuláris kolonizációra (A %) és arbuszkulumszámra (A db.) vonatkozó páronkénti statisztikai analízis eredményei (2011 őszi, Szigetcsépi Tangazdaság)

	A %	K %	Arbuszkulumszám
BK-BN	+	n.s.	*
BK-KK	n.s.	n.s.	n.s.
BK-KN	n.s.	n.s.	n.s.
BK-PK	n.s.	+	n.s.
BK-PN	n.s.	*	n.s.
BK-SK	n.s.	***	n.s.
BK-SN	***	***	n.s.
BN-KK	***	***	+
BN-KN	***	n.s.	*
BN-PK	*	n.s.	*
BN-PN	***	***	n.s.
BN-SK	n.s.	+	n.s.
BN-SN	*	***	n.s.
KK-KN	n.s.	**	n.s.

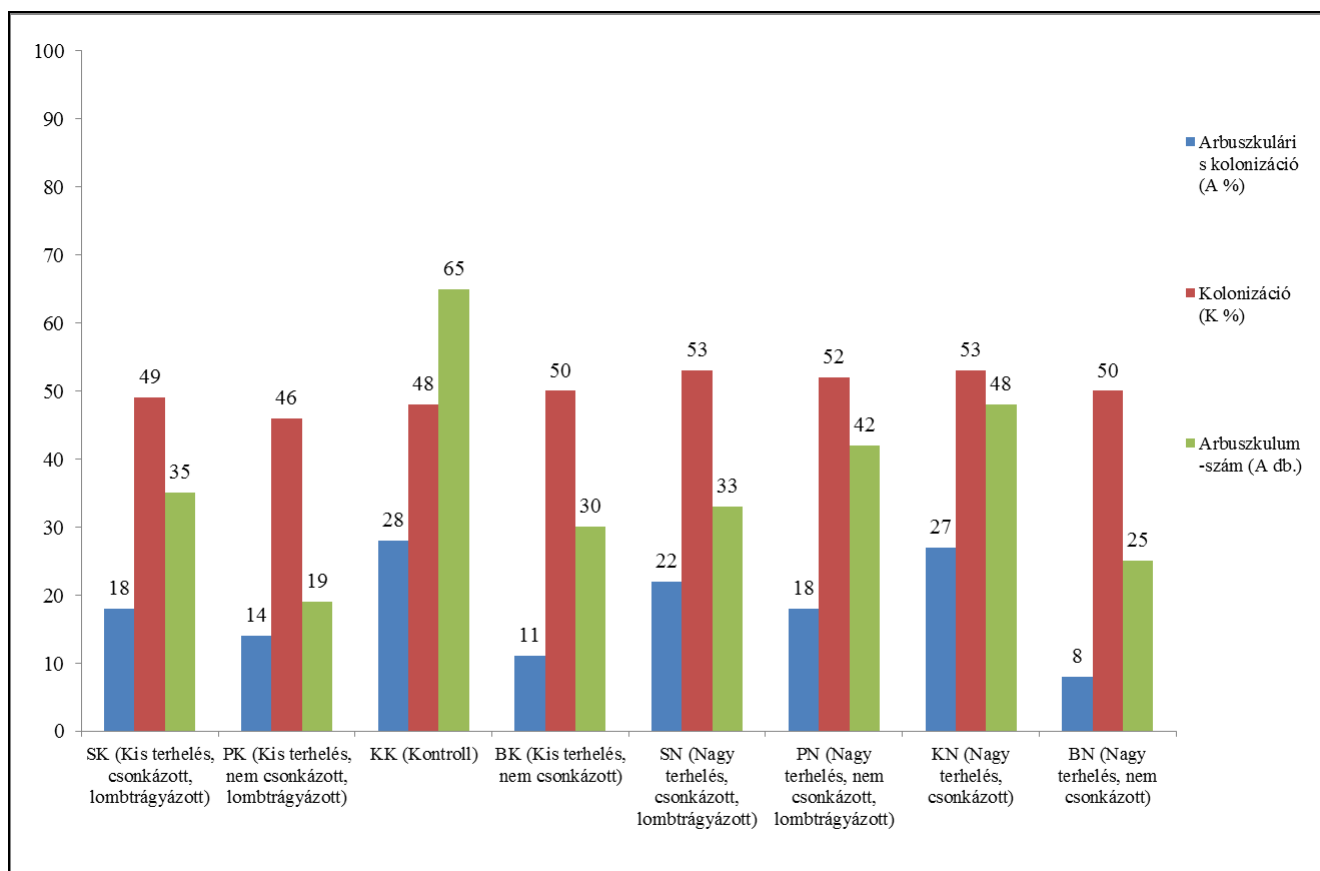
	A %	K %	Arbuszkulum- szám
KK-PK	n.s.	***	n.s.
KK-PN	n.s.	n.s.	n.s.
KK-SK	n.s.	***	n.s.
KK-SN	***	n.s.	n.s.
KN-PK	n.s.	***	n.s.
KN-PN	*	n.s.	n.s.
KN-SK	*	**	n.s.
KN-SN	***	***	n.s.
PK-PN	n.s.	***	n.s.
PK-SK	n.s.	n.s.	n.s.
PK-SN	***	***	n.s.
PN-SK	***	***	n.s.
PN-SN	***	n.s.	n.s.
SK-SN	***	***	n.s.

n.s. = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

A kis rügyterhelés vonatkozásában 2011 őszén a csonkázott, lombtrágyázott (SK) bloknál kaptam a legkisebb arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) értékeket (26. ábra, 8. táblázat). Ugyanezt nagy terhelés esetén pedig a nem csonkázott (BN), illetve, a nem csonkázott és lombtrágyázott (PN) kezeléseknél tapasztaltam. A szakirodalomban eltérnek a foszfortartalmú lombtrágyák használata során szerzett tapasztalatok. Bár Schreiner (2010) szerint a lombtrágyázás során kijuttatott foszfor kis mértékben képes csak kihatni a kolonizáció mértékére, korábbi kutatások során, oregoni szőlőültetvényben alacsonyabb kolonizációt detektáltak a kezelésen átesett ültetvényeknél (Schreiner és Lindermann 2005). A gyökerek kolonizációja többnyire negatív korrelációban áll a talaj felvehető foszfortartalmával (Schubert és Cravero 1985, Smith és Read 1997, Karagiannidis és Nikolau 1999). Minél magasabb a felvehető P mennyisége, rendszerint annál kisebb arányban lelhető fel a gombatárs a gyökerekben. Ennek az lehet a magyarázata, hogy a magas foszfortartalom gátolja a spórák és a hifák képződését (Nagahashi et al. 1996). Megfelelő szintű foszfor ellátottsággal bíró talajnál a szőlőnövény minden bizonnyal szabályozni tudja a mikorrhizáltság mértékét, mivel ez esetben a gomba szénhidrátokkal való ellátása valószínűleg nem áll arányban az általa nyújtott előnyökkel (Baumgartner 2003). Köztudott, hogy a foszfor műtrágyázás csökkentheti a gyökerek kolonizációját (Koide és Schreiner, 1992). Bár makroelemek (N, P, K, Ca, Mg, S) lombtrágya formájában történő visszapótlása általában kevésbé hatékony, ezen tápelemek fokozott igénye miatt (Christensen, 2005), például N tartalmú lombtrágyázás fokozhatja a törke és a termés N tartalmát, különösen száraz években (Cheng et al. 2003). A kis rügyterhelés és csonkázott

lombfal (SK) kezelésnél eredményeim összhangban állnak Schreiner és Lindermann (2005) megállapításaival, mi szerint a foszfortartalmú lombtrágyázás negatív khatással lehet a kolonizáció mértékére.

Eredményeim alapján ez a jelenség a nem csonkázott blokkoknál viszont fordítottan alakult, azaz nem hogy nem csökkent, némileg (bizonyos esetekben statisztikailag igazolhatóan) nőtt a lombtrágyázott, talajszintig érő lombsátorral bíró tőkék gyökerének kolonizációja. Ez esetben, a tápanyagokban viszonylag szegény homoktalajon tenyésző tőkék valószínűleg a túlságosan nagyra (duplájára) engedett lombsátor megnövekedett tápelem igénye végett, illetve a tőke raktározott tápelemeinek kimerülését ellensúlyozandó, a kolonizációra mindennemű káros következmény nélkül hasznosította a kijuttatott lombtrágyát. A kijuttatott tápanyag enyhítette a szőlő radikálisan megnövekedett tápanyagigényét, így kedvezőbb kondíciójú tőkéket eredményezhetett, mely során a szőlőnövény megfelelő mennyiségű (legalábbis több mint a lombtrágyázásban nem részesült, nem csonkázott állományok) szénhidrátot juttathatott a gombapartner számára, s így a mikorrhiza kapcsolat révén eredményesebb stressztűrés, víz-és tápanyagfelvétel valósulhatott meg.



15. ábra. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei az egyes kezelések szerint (2012 tavasz, Szigetcsépi Tangazdaság)

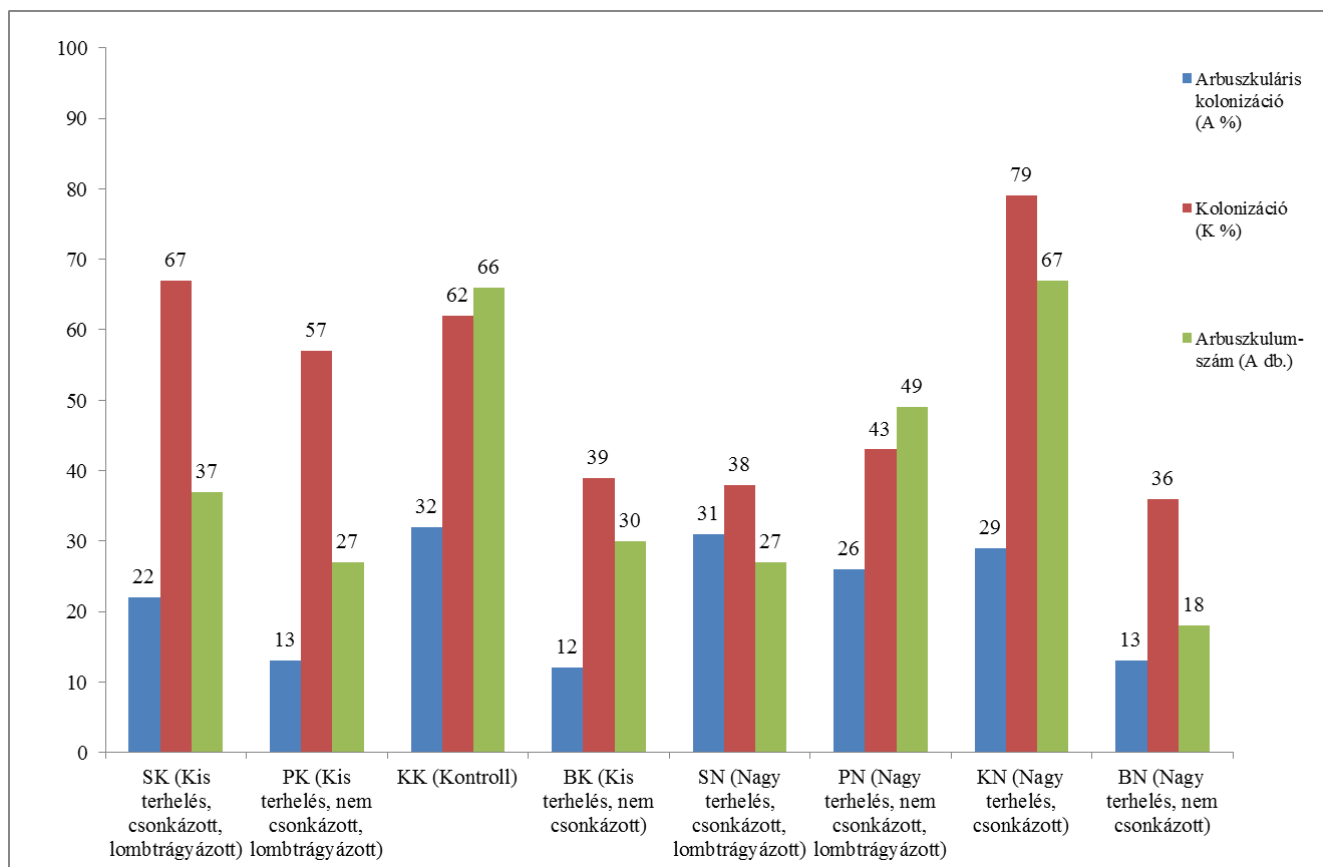


6. táblázat. A mikorrhiza-kolonizációra (K %), az arbuszkuláris kolonizációra (A %) és arbuszkulumszámra (A db.) vonatkozó páronkénti statisztikai analízis eredményei (2012 tavasz, Szigetcsépi Tangazdaság)

Kezelések	A %	K %	Arbuszkulum-szám
BK-BN	n.s.	n.s.	n.s.
BK-KK	***	n.s.	n.s.
BK-KN	**	n.s.	n.s.
BK-PK	n.s.	n.s.	n.s.
BK-PN	n.s.	n.s.	n.s.
BK-SK	n.s.	n.s.	n.s.
BK-SN	*	n.s.	n.s.
BN-KK	***	n.s.	*
BN-KN	***	n.s.	n.s.
BN-PK	n.s.	n.s.	n.s.
BN-PN	***	n.s.	n.s.
BN-SK	*	n.s.	n.s.
BN-SN	***	n.s.	n.s.
KK-KN	***	n.s.	n.s.
KK-PK	*	n.s.	***
KK-PN	+	n.s.	n.s.
KK-SK	n.s.	n.s.	n.s.
KK-SN	n.s.	n.s.	n.s.
KN-PK	*	n.s.	n.s.
KN-PN	n.s.	n.s.	n.s.
KN-SK	+	n.s.	n.s.
KN-SN	n.s.	n.s.	n.s.
PK-PN	n.s.	n.s.	n.s.
PK-SK	n.s.	n.s.	n.s.
PK-SN	n.s.	n.s.	n.s.
PN-SK	n.s.	n.s.	n.s.
PN-SN	n.s.	n.s.	n.s.
SK-SN	n.s.	n.s.	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

A 2012 tavaszi mérések során az SK kezelésnél továbbra is megmutatkozott a lombtrágyázás negatív hatása az arbuszkulumok számára és az arbuszkuláris kolonizációra, továbbá BK és KK kezeléseket összehasonlítva ismét tapasztaltuk, hogy a kétszer akkora lombsátor (BK kezelésnél) „fenntartása” mellett valószínűleg nem jutott elegendő asszimilátum a gombapartnernek számára (27. ábra, 9. táblázat). Nagy terhelésnél szintén - a korábbi évhez hasonlóan - azt tapasztaltuk, hogy a nem csonkázott lombsátornála lombtrágyázás némileg magasabb kolonizációt eredményezett.



28. ábra. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei az egyes kezelések szerint (2012 őszi, Szigetcsépi Tangazdaság)

7. táblázat. A mikorrhiza-kolonizációra (K %), az arbuszkuláris kolonizációra (A %) és arbuszkulumszámra (A db.) vonatkozó páronkénti statisztikai analízis eredményei (2012 őszi, Szigetcsépi Tangazdaság)

Kezelések	A %	K %	Arbuszkulumszám
BK-BN	n.s.	n.s.	n.s.
BK-KK	***	***	0,094
BK-KN	***	***	0,076
BK-PK	n.s.	*	n.s.
BK-PN	*	n.s.	n.s.
BK-SK	+	***	n.s.
BK-SN	***	n.s.	n.s.
BN-KK	***	***	**
BN-KN	**	***	**
BN-PK	n.s.	***	n.s.

Kezelések	A %	K %	Arbuszkulum-szám
BN-PN	*	n.s.	n.s.
BN-SK	+	***	n.s.
BN-SN	***	n.s.	n.s.
KK-KN	n.s.	*	n.s.
KK-PK	***	**	+
KK-PN	n.s.	**	n.s.
KK-SK	*	n.s.	n.s.
KK-SN	n.s.	***	0,069
KN-PK	**	***	0,056
KN-PN	n.s.	***	n.s.
KN-SK	***	***	n.s.
KN-SN	n.s.	***	+
PK-PN	+	+	n.s.
PK-SK	+	n.s.	n.s.
PK-SN	***	**	n.s.
PN-SK	n.s.	***	n.s.
PN-SN	n.s.	n.s.	n.s.
SK-SN	n.s.	***	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

A 2012 őszi mintavétel során az SK és a KK kezelések között hasonló összefüggést tapasztaltam, mint a korábbi mintavételezések során (28. ábra). A nem csonkázott kis terhelés (BK) és a nem csonkázott, lombtrágyázott kontroll kezelés (PK) K % és A db. értékei közel azonos értéket mutattak. Az SN és a KN kezelések az arbuszkulumok számában és a kolonizációt tekintve tértek el szignifikáns mértékben egymástól. Az A % vizsgálatánál nem tapasztaltam szignifikáns eltérést (10. táblázat), azonban ez is alátámasztja értékelési metodikánkat, mi szerint helyesen, darabra pontosan is megszámoltam az arbuszkulumokat.

#### 5. 1. 2. Termésmennyiség, vesszőtömeg, termőegyensúly eredmények

8. táblázat. Termésmennyiség, vesszőtömeg, termőegyensúly vizsgálat eredményei az egyes kezelések szerint (2011, Szigetcsépi Tangazdaság)

Kezelések	Termésmennyiség (kg/m <sup>2</sup> )	Vesszőtömeg (kg/m <sup>2</sup> )	Termőegyensúly (y/n)
SK (Kis terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	1,08	0,25	6
PK (Kis terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	1,27	0,34	4,54

Kezelések	Termés- mennyiség (kg/m <sup>2</sup> )	Vesszőtömeg (kg/m <sup>2</sup> )	Termőegyensúly (y/n)
KK (Kontroll)	1,11	0,26	5,29
BK (Kis terhelés, nem csonkázott)	1,36	0,34	5,44
SN (Nagy terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	2,38	0,27	12,53
PN (Nagy terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	2,99	0,43	10,31
KN (Nagy terhelés, csonkázott)	2,61	0,28	11,86
BN (Nagy terhelés, nem csonkázott)	2,83	0,39	11,32

9. táblázat. A termésmennyiségre, vesszőtömegre vonatkozó páronkénti statisztikai analízis eredményei (2011, Szigetcsépi Tangazdaság)

Kezelések	Termés- mennyiség (kg/m <sup>2</sup> )	Vessző- tömeg (kg/m <sup>2</sup> )
BK-BN	***	n.s.
BK-KK	n.s.	***
BK-KN	***	0
BK-PK	n.s.	***
BK-PN	***	***
BK-SK	n.s.	n.s.
BK-SN	***	n.s.
BN-KK	***	+
BN-KN	n.s.	n.s.
BN-PK	***	+
BN-PN	n.s.	n.s.
BN-SK	***	n.s.
BN-SN	n.s.	n.s.
KK-KN	***	**
KK-PK	n.s.	n.s.
KK-PN	***	n.s.
KK-SK	n.s.	0
KK-SN	***	*
KN-PK	***	***

Kezelések	Termés- mennyiség (kg/m <sup>2</sup> )	Vessző- tömeg (kg/m <sup>2</sup> )
KN-PN	n.s.	n.s.
KN-SK	***	***
KN-SN	n.s.	n.s.
PK-PN	***	n.s.
PK-SK	n.s.	***
PK-SN	***	*
PN-SK	***	***
PN-SN	***	***
SK-SN	***	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

A termésmennyiség vonatkozásában a kis és nagy rügyterhelésnél minden esetben statisztikailag igazolható, szignifikáns különbséget tapasztaltam (11, 12. táblázat). Eredményeim alapján a csonkázott és lombtrágyázott blokkok termésmennyisége – nem szignifikáns mértékben – elmaradt a nem lombtrágyázott, csonkázott blokkokétól. Összefüggést tapasztaltam a kolonizáció (K %), az arbuszkulumok száma (A db.) és a termés mennyisége között, azaz a lombtrágya okozta alacsonyabb K % és A db. hozzájárulhatott a kismértékű termésmennyiség csökkenéshez. Nagy terhelés, és földig érő lombfűtő fordított tendenciát eredményezett, szintén összhangban a mikroszkópi vizsgálatokkal. Az eltérő kezelések során tapasztalt mikorrhizakolonizáció intenzitással egyezően alakult a termésmennyiség is, bár szignifikáns különbségeket nem tapasztaltam.

10. táblázat. Termésmennyiség, vesszőtömeg, termőegyensúly vizsgálatok eredményei az egyes kezelések szerint (2012, Szigetcsépi Tangazdaság)

Kezelések	Termésmennyiség (kg/m <sup>2</sup> )		Vessző-tömeg (kg/m <sup>2</sup> )	Termő-egyensúly (y/n)
	Elsőrendű (2012. szept. 16.)	Másodrendű (2012. okt. 4.)		
SK (Kis terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	0,33	1,43	0,18	9,75
PK (Kis terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	0,37	2,33	0,28	9,65
KK (Kontroll)	0,37	2	0,21	11,28
BK (Kis terhelés, nem csonkázott)	0,3	1,48	0,25	7,12
SN (Nagy terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	0,64	1,14	0,19	9,37
PN (Nagy terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	0,78	2,56	0,29	11,5
KN (Nagy terhelés, csonkázott)	0,91	1,31	0,22	10,11
BN (Nagy terhelés, nem csonkázott)	0,64	1,93	0,25	10,25

11. táblázat. A termésmennyiségre, vesszőtömegre vonatkozó páronkénti statisztikai analízis eredményei (2012, Szigetcsépi Tangazdaság)

Kezelések	Termésmennyiség (kg/m <sup>2</sup> )		Vesszőtömeg (kg/m <sup>2</sup> )
	Elsőrendű (2012. szept. 16.)	Másodrendű (2012. okt. 4.)	
BK-BN	*	n.s.	n.s.
BK-KK	n.s.	n.s.	n.s.
BK-KN	***	n.s.	n.s.
BK-PK	n.s.	n.s.	n.s.
BK-PN	***	n.s.	n.s.
BK-SK	n.s.	n.s.	*
BK-SN	*	n.s.	n.s.
BN-KK	*	n.s.	n.s.
BN-KN	n.s.	n.s.	n.s.
BN-PK	*	n.s.	n.s.
BN-PN	n.s.	n.s.	n.s.
BN-SK	*	n.s.	+
BN-SN	n.s.	n.s.	n.s.
KK-KN	***	n.s.	n.s.
KK-PK	n.s.	n.s.	+
KK-PN	***	n.s.	*
KK-SK	n.s.	n.s.	n.s.
KK-SN	*	n.s.	n.s.
KN-PK	***	n.s.	n.s.
KN-PN	n.s.	n.s.	n.s.
KN-SK	***	n.s.	n.s.
KN-SN	n.s.	n.s.	n.s.
PK-PN	***	n.s.	n.s.
PK-SK	n.s.	n.s.	***
PK-SN	*	n.s.	**
PN-SK	***	n.s.	***
PN-SN	n.s.	n.s.	***
SK-SN	*	n.s.	n.s.

n.s. = az átlagok között nincs különbség; + = p<0.1; \* = p<0.05; \*\* = p<0.01; \*\*\* = p<0.005

A termésmennyiség vizsgálata során 2012-ben megállapítottam, hogy mindkét terhelésnél a csonkázott és lombtrágyázott (SK és SN) kezelések vonatkozásában mértük a legalacsonyabb termésmennyiségeket és vesszőtömegeket, összhangban az arbuszkulomok számának alakulásával (13. táblázat). Általánosan a kis és a nagy terhelés között értelemszerűen jelentős különbségek mutatkoztak, ám a statisztikai analízis ezeket nem értékelte szignifikáns eltérésként (14. táblázat).

A vegetatív és generatív teljesítmény értékelésére úgynevezett termőegyensúlyi állandót számolhatunk. Termőegyensúly esetén a tőke „vegetatív és generatív tevékenysége egymással jól meghatározható viszonyosságban áll” (Csepregi, 1982). A termés mennyiséget (y) elosztjuk a vesszőtömeggel (n), megkapjuk az y/n arányt, melynek értéke 2-5 között elfogadható (Bényei et al. 1999). Az y/n hányadost befolyásolhatja a fajta, a tőkekondíció és a művelésmód. Lőrincz és Barócsi (2010), Kozma (1993) 4-6 közé teszi az optimális tartományt. Eredményeim alapján az üzemi terhelés tekinthető optimálisnak, a nagy terhelés lényegében dupla értékeket eredményezett. A 'Viktória gyöngye' alapvetően bőtermő fajta, de a rügyterhelés fokozásával az y/n hányados is túlterhelést jelez a 2011-es évben. 2012 tavaszán egy jégeső sújtott le az ültetvényre, és a nagyszámú másodtermés képzés, és megtépázott lombzat okozhatta a kis terhelésnél is megmutatkozó túlterhelést/generatív túlsúlyt (13. táblázat).

### 5. 1. 3. A termés minősége (mustsűrűség, titrálható savtartalom)

12. táblázat. Mustminőség vizsgálat eredményei az egyes kezelések szerint (2011, Szigetcsépi Tangazdaság)

Kezelések	Átlagos mustsűrűség (Brix°)	Átlagos titrálható savtartalom (g/l)
SK (Kis terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	22,7	7,29
PK (Kis terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	22,98	8,61
KK (Kontroll)	22,88	7,66
BK (Kis terhelés, nem csonkázott)	24,25	7,33
SN (Nagy terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	22,38	7,16
PN (Nagy terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	23,41	7,64
KN (Nagy terhelés, csonkázott)	21,4	8,25
BN (Nagy terhelés, nem csonkázott)	23,23	7,21

16. táblázat. A termésminőségre vonatkozó páronkénti statisztikai analízis eredményei az egyes kezelések szerint

Kezelések	Átlagos mustsűrűség (Brix %)	Átlagos titrálható savtartalom (g/l)
BK-BN	n.s.	n.s.
BK-KK	n.s.	n.s.
BK-KN	***	n.s.
BK-PK	n.s.	***
BK-PN	n.s.	n.s.
BK-SK	n.s.	n.s.
BK-SN	*	n.s.
BN-KK	n.s.	n.s.
BN-KN	*	n.s.
BN-PK	n.s.	0
BN-PN	n.s.	n.s.
BN-SK	n.s.	n.s.
BN-SN	n.s.	n.s.
KK-KN	n.s.	n.s.
KK-PK	n.s.	*
KK-PN	n.s.	n.s.
KK-SK	n.s.	n.s.
KK-SN	n.s.	n.s.
KN-PK	n.s.	n.s.
KN-PN	*	n.s.
KN-SK	n.s.	*
KN-SN	n.s.	n.s.
PK-PN	n.s.	*
PK-SK	n.s.	***
PK-SN	n.s.	***
PN-SK	n.s.	n.s.
PN-SN	n.s.	n.s.
SK-SN	n.s.	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

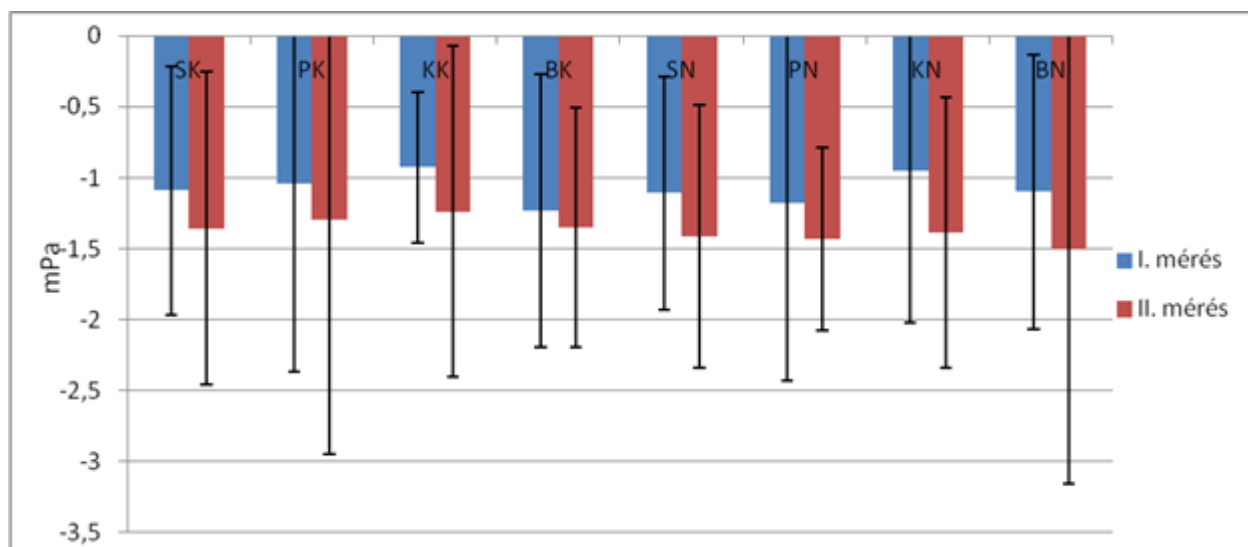


17. táblázat. Mustminőség vizsgálat eredményei az egyes kezelések szerint (2012, Szigetcsépi Tangazdaság)

Kezelések	Elsőrendű termés (2012. szept. 16.)		Másodtermés (2012. okt. 4.)	
	Átlagos mustsűrűség (Brix)	Átlagos titrálható savtartalom (g/l)	Átlagos mustsűrűség (Brix)	Átlagos titrálható savtartalom (g/l)
SK (Kis terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	24,8	6,6	21,8	8,2
PK (Kis terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	24,2	6,4	20,8	7,0
KK (Kontroll)	23,7	7,1	20,5	7,6
BK (Kis terhelés, nem csonkázott)	24,8	6,6	20,0	6,9
SN (Nagy terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	24,6	6,4	21,1	7,1
PN (Nagy terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	25,3	6,6	22,1	7,4
KN (Nagy terhelés, csonkázott)	24,4	6,3	23,4	7,2
BN (Nagy terhelés, nem csonkázott)	24,0	6,6	21,8	7,0

A termés minőségének vizsgálata során nem tapasztaltam szignifikáns különbségeket egyik évben sem (16, 17. táblázat).

## 5. 1. 4. Vízpontenciál mérési eredmények



16. ábra. Scholander nyomáskamrával végzett napközi vízpontenciál ( $\Psi_m$ ) értékeinek alakulása az egyes kezelések szerint (Szigetcsép, I. mérés: 2012. 08. 09.; II. mérés: 2012. 08. 23.)

18. táblázat. A vízpontenciál-mérés eredményeinek páronkénti statisztikai analízise (I. mérés: 2012. 08. 09.; II. mérés: 2012. 08. 23.)

	2012.08.09	2012.08.23
BK-BN	n.s.	n.s.
BK-KK	n.s.	n.s.
BK-KN	***	n.s.
BK-PK	*	n.s.
BK-PN	n.s.	n.s.
BK-SK	n.s.	n.s.
BK-SN	n.s.	n.s.
BN-KK	***	**
BN-KN	n.s.	n.s.
BN-PK	n.s.	+
BN-PN	n.s.	n.s.
BN-SK	n.s.	n.s.
BN-SN	n.s.	n.s.
KK-KN	n.s.	n.s.
KK-PK	n.s.	n.s.
KK-PN	***	n.s.
KK-SK	*	n.s.
KK-SN	*	n.s.
KN-PK	n.s.	n.s.
KN-PN	***	n.s.
KN-SK	n.s.	n.s.
KN-SN	+	n.s.

	2012.08.09	2012.08.23
PK-PN	n.s.	n.s.
PK-SK	n.s.	n.s.
PK-SN	n.s.	n.s.
PN-SK	n.s.	n.s.
PN-SN	n.s.	n.s.
SK-SN	n.s.	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

Mind a 2012. 08. 09-i, mind pedig a 2012. 08. 23-i mérésnél, mindkét terhelést figyelembe véve a csonkázott, lombtrágyázott tőkék (KK és KN) voltak vízzel legjobban ellátva (28. ábra, 18. táblázat). A lombtrágya alkalmazása negatívan hathatott csonkázott, kis ( $3 \text{ rügy/m}^2$ ) terhelésnél (SK). Megmutatkozott a lombtrágyázás és a kolonizáció (révén a vízfelvételre gyakorolt hatás) esetleges összefüggése, a vízzel leggyengébben ellátott tőkék innen kerültek ki. Ezek az eredmények összhangban vannak mind a termésmennyiséggel, mind pedig a mikorrhizáltság intenzitásával. Általánosan elfogadott tény, hogy a kolonizált gyökerekre hatékonyabb vízfelvétel jellemző, mint a nem kolonizáltakéra ((Stahl (1900) in Possingham és Obbink (1971)), Stanczak és Boratynska ((1954 in Possingham és Obbink (1971), Schreiner et al. (2007)). Az utóbbi évtizedekben mind gyakrabban szembesülhetünk szélsőséges időjárási periódusokkal, így aszályos, csapadékban szegény időszakokkal is, melyek a mezőgazdasági ágazat számára évről évre új kihívásokat jelentenek. S bár a szőlő viszonylag jól tűri a szárazságot, az eredményes szőlőtermesztéshez, jó minőségű termés eléréséhez elengedhetetlen a szőlő optimális vízellátása, és a megfelelő tökekonidáció.

A szélsőséges időjárási viszonyok esetén mind inkább fokozódik a szőlő gyökerén élő mikorrhiza gombák szerepe: a mikorrhiza kapcsolat megváltoztatja a növény élettani sajátosságait (Dell' Amico et al. 2002), a gyökérkapcsoltságban élő növények jobban tűrik a szárazság stresszt (Davies et al. 1992, Marschner 1997). Csonkázott, lombtrágyázott kisterhelés (SK) esetén véleményem szerint a lombtrágyázás vezethetett a kolonizáció csökkenéséhez, mely hozzájárulhatott a gyengébb vízellátottsághoz, szemben a permetezetlen változattal. Eredményeim ezen része összhangban áll Schreiner és Lindermann (2005) megállapításával, mely szerint oregoni szőlőültetvényben alacsonyabb kolonizációt detektáltak a kezelésen átesett ültetvényeknél. Érdekes azonban, hogy nem csonkázott (BK és PK) lombsátor esetén a tendencia megfordult. Véleményem szerint, ez esetben a tápanyagokban viszonylag szegény homoktalajon tenyésző tőkék valószínűleg a túlságosan nagyra (duplájára) engedett lombsátrának megnövekedett tápelem igénye miatt, illetve a töke raktározott tápelemeinek kimerülését ellensúlyozandó, a szőlő vízháztartására (és a kolonizációra) mindennemű káros következmény nélkül hasznosította a kijuttatott lombtrágyát. A kijuttatott lombtrágya enyhítette (legalábbis

részben) a szőlő radikálisan megnövekedett tápanyagigényét, így kedvezőbb kondíciójú tőkéket eredményezhetett, mely során a szőlőnövény megfelelő mennyiségű (legalábbis több mint a permetezésben nem részesült, nem csonkázott állományok) szénhidrátot juttathatott a gombapartner számára, s így az optimálisabb mikorrhiza kapcsolat hozzájárulhatott az eredményesebb stressztűréshez, víz-és tápanyagfelvételhez.

#### 5. 1. 5. A levélanalízis eredményei

19. táblázat. A levélanalízisek eredményei (2011-2012, Szigetcsépi Tangazdaság)

2011 tavasz								
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
SK (Kis terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	3,33	0,16	0,94	3,13	0,28	22	88	29
PK (Kis terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	3,46	0,21	0,93	3,18	0,29	24	98	24
KK (Kontroll)	3,56	0,22	0,97	3,38	0,29	25	97	48
BK (Kis terhelés, nem csonkázott)	3,45	0,2	0,94	3,36	0,26	20	99	30
SN (Nagy terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	3,25	0,18	0,96	2,88	0,27	21	95	46
PN (Nagy terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	3,25	0,2	1,01	3	0,25	22	84	52
KN (Nagy terhelés, csonkázott)	3,2	0,21	1	2,81	0,26	23	87	24
BN (Nagy terhelés, nem csonkázott)	3,28	0,19	0,94	2,74	0,26	21	89	19
2011 ősz								
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
SK (Kis terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	2,13	0,11	0,85	3,92	0,3	16	108	136
PK (Kis terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	2,63	0,16	0,88	4,12	0,31	19	127	149
KK (Kontroll)	2,1	0,15	0,93	3,68	0,27	19	97	138
BK (Kis terhelés, nem csonkázott)	2,16	0,14	0,91	4,22	0,27	15	111	135
SN (Nagy terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	2,2	0,12	0,74	4,2	0,3	15	113	168
PN (Nagy terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	2,33	0,15	0,81	4,22	0,28	19	111	149

2011 őszi								
KN (Nagy terhelés, csonkázott)	2,09	0,14	0,88	3,7	0,27	19	107	190
BN (Nagy terhelés, nem csonkázott)	2,21	0,13	0,78	4,09	0,3	14	97	152
2012 tavasz								
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
SK (Kis terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	3,24	0,33	0,76	3,11	0,23	15,3	80,34	70,85
PK (Kis terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	2,81	0,3	0,83	3,13	0,22	17,12	85,96	73,01
KK (Kontroll)	2,89	0,43	0,94	3,38	0,24	18,84	85,42	71,75
BK (Kis terhelés, nem csonkázott)	2,97	0,4	0,92	3,62	0,25	19,94	92,58	69,96
SN (Nagy terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	3,04	0,29	0,82	3,13	0,21	14,78	56,52	65,48
PN (Nagy terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	2,94	0,29	0,93	3,61	0,23	18,24	65,59	86,85
KN (Nagy terhelés, csonkázott)	2,75	0,37	0,92	3,72	0,23	15,94	78,7	102,21
BN (Nagy terhelés, nem csonkázott)	2,94	0,41	0,85	3,47	0,23	22,46	83,4	100,06
2012 őszi								
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
SK (Kis terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	1,9	0,14	0,81	4,76	0,32	14,97	103,02	8,52
PK (Kis terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	1,87	0,13	0,76	4,78	0,3	15,51	111,3	8,02
KK (Kontroll)	1,71	0,14	0,78	4,15	0,25	17,5	127,35	8,77
BK (Kis terhelés, nem csonkázott)	1,72	0,12	0,64	4,19	0,25	13,62	107,57	6,55
SN (Nagy terhelés, csonkázott, lombtrágyázott)	1,76	0,11	0,55	4,01	0,26	13,01	86,53	6,38
PN (Nagy terhelés, nem csonkázott, lombtrágyázott)	1,83	0,13	0,62	3,89	0,27	14,48	92,46	9,12
KN (Nagy terhelés, csonkázott)	1,75	0,1	0,72	4,17	0,29	13,87	90,4	9,3
BN (Nagy terhelés, nem csonkázott)	1,79	0,11	0,55	4,26	0,28	11,96	92,42	8,47

A levélanalízis alapján ez a jelenség 2011 őszi mutatkozott meg (19. táblázat): az SK és az SN kezeléseknél jelentkeztek a leginkább alacsony P és K értékek, összhangban az

arbuszkulumok arányával, ami – anyagátadási felületként – leginkább jelzi a kapcsolat funkcióképességét/aktivitását (Pinkerton et al. 2004, Schreiner 2005) (19. táblázat). A különbségek kismértékűek, s azokat a későbbiekben a P vonatkozásában nem tapasztaltuk. A K-szint vizsgálatánál szinte végig azt tapasztaltuk, hogy a csonkázott permetezetlen (KK, KN), és a nem csonkázott lombtrágyázott (PK, PN) kezeléseknél volt a levelek K-tartalma legmagasabb. Az eredmények összhangban állnak az - a gomba-növény kapcsolatban az anyagátadás helyéül szolgáló - arbuszkulumok számának alakulásával. A Zn tartalomnál 2011 ősztől kezdve (tehát valószínűleg a lombtrágyázás s így az arbuszkuláris kolonizáció változása okán) mindkét terhelési kísérletben legtöbbször a csonkázott és lombtrágyázott állományoknál 7–23%-kal alacsonyabb értékeket tapasztaltunk a többi kezeléshez viszonyítva. Egybehangzó kutatási eredmények alapján, a mikorrhizált szőlőgyökér vizsgálatai egyértelműen igazolták a gombatárs révén kedvezőbbé váló foszforellátottságot (Possingham és Obbink 1971, Deal et al. 1972, Gebbing et al. 1977, Karagiannidis et al., 1995, Bavaresco és Fogher 1996, Biricolti et al. 1997, Petgen et al. 1998, Nikolau et al. 2003, Schreiner 2005). A gyökérkapcsoltság révén általánosan jellemző a foszfor mellett a cink- és a rézfelvétel elősegítése, de fokozódhat a nitrogén, a kálium, a kalcium, a magnézium, a kén, illetve a bór és a vas felvétele is (Marschner 1997, Smith és Read 1997, Clark és Zeto 2000). A többi tápelem vonatkozásában egyértelmű következtetéseket levonni nem tudtam. A levélanalízis eredményei és az abból levont következtetések során figyelembe kell venni, hogy a levelek kálium-, kalcium- és vas-, bór- és mangántartalmát illetően nem lehet teljesen egyértelmű, ellentmondásokról mentes kijelentéseket tenni (Bavaresco és Fogher 1992, Petgen et al. 1998, Biricolti et al. 1997).

## 5.2. Eltérő rügyterhelés hatása a mikorrhizáltságra (Gál Szőlőbirtok és Pincészet, Szigetcsép)

### 5.2.1. A mikorrhiza kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei

A vizsgálatok során - 2010 őszen - szignifikánsan több arbuszkulumot számoltam az alacsonyabb ( $4 \text{ rügy/m}^2$ ) terhelésnél, mint a  $11 \text{ rügy/m}^2$  mértékben terhelt tőkéken (20. táblázat), ami egyezik a Schreiner (2003) által leírt tapasztalatokkal.

20. táblázat. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei (2010 ősz, 2011 tavasz, Gál Szőlőbirtok és Pincészet, Szigetcsép)

Vizsgált paraméterek	2010 ősz		2011 tavasz /a terhelés üzemi szintre történő visszaállítása után/	
	4 rügy/m <sup>2</sup>	11 rügy/m <sup>2</sup>	8 rügy/m <sup>2</sup>	
			(korábbi 4 rügy/m <sup>2</sup> terhelés)	(korábbi 11 rügy/m <sup>2</sup> terhelés)
Kolonizáció (K %)	83,3 <sup>+</sup>	63,3	92,2*	80
Arbuszkuláris kolonizáció (A %)	90***	50	39*	56
Arbuszkulumszám (A db.)	151***	47	84*	153

n.s = az átlagok között nincs különbség; + = p<0.1; \* = p<0.05; \*\* = p<0.01; \*\*\* = p<0.005

Ugyanakkor a rügyszám-többletből adódóan, a nagy terhelésnél nagyobb volt a tőkénkénti termésmennyiség (két év összesített terméshozama 2,16 kg/m<sup>2</sup> volt kis terhelésű tőkék esetében, míg a nagy terhelésnél 4,59 kg/m<sup>2</sup> (Gál, 2011)). A tőkének jelentős mennyiségű asszimilátumra volt szüksége kinevelni, beérlelni a fürtöket, hajtásokat, ellátnia lombozatot, így valószínűleg kevesebb szénhidrát jutott a gombapartner számára. Bár a levélanalízis (21. táblázat) nem mutatott ki különbséget a kezelések között, az alacsonyabb terhelés kedvezőbb lehetett a szőlőnövény számára, és valószínűleg kiegyenlítettebb volt a víz-és tápanyag felhasználás, ami magasabb kolonizációs értékhez vezetett.

21. táblázat. A kis és a nagy terhelésű Kékfrankos tőkék levélanalízisének tápelem-adatai (Gál, 2011)

Tápelem	4 rügy/m <sup>2</sup>		11 rügy/m <sup>2</sup>	
m/m % légsz. a.	2009	2010	2009	2010
N	1,74	1,98	1,70	1,94
P	0,13	0,139	0,109	0,129
K	1,02	1,36	0,897	1,04
Ca	4,11	2,77	4,41	2,96
Mg	0,361	0,285	0,346	0,287

2011 tavaszára 8 rügy/m<sup>2</sup> mértékűre egységesítették a rügyterhelést. A kolonizáció a az egykor nagy terhelésnél 80 %, míg a korábbi kis terhelésnél 92,2 % volt (20. táblázat). A kolonizációs értékek között az előző évben tapasztalt eltérés kiegyenlítődni látszik, a különbség közel harmadára csökkent, bár - ha nem is szignifikáns mértékben - még kissé magasabb értéket mutat a hajdan kis terhelésű növényeknél. Az arbuszkuláris kolonizáció nagy terhelésnél 56 %, míg kis terhelésnél 39 % volt. Összhangban Schreiner és Lindermann (2005) megállapításaival, minden kezelés vonatkozásában magasabb kolonizációs értékeket tapasztaltunk tavasszal, mint ősszel, továbbá, a korábban kis terhelésű (4 rügy/m<sup>2</sup>) tőkék rügyterhelése kétszeresére emelkedett. Valószínűleg ennek hatására az arbuszkuláris kolonizáció, és ezzel együtt az arbuszkulumok száma alacsonyabb lett - közel fele -, mint a nagy terhelésről (11 rügy/m<sup>2</sup>) alacsonyabb, üzemi (8 rügy/m<sup>2</sup>) terhelésre visszaalakított tőkéknél. Az arbuszkulumok számát tekintve minden bizonnyal a terhelés megváltozásának hatására, a 2010 őszi mérés tendenciájának az ellenkezőjét tapasztaltam. Mindhárom mért paramétert tekintve szignifikáns volt a két mintavételi alkalom közötti különbség. Két vegetációs időszak alatt a túlterhelt tőkék vélhetőleg elhasználták raktározott tápanyagaik egy részét, melyre a tápanyagokban szegény homoktalajon – terheléstől függetlenül – nagy szüksége van a szőlőnek. Ryan és Graham (2002) szerint a gombapartner jelentősége a könnyen felvehető tápanyagokban szegény talajok esetén különösen nagy: az arbuszkulumok magas száma feltehetően a korábban felhasznált tápanyagok visszapótlásának igényével indokolható, mivel nagy felületük biztosítja a kölcsönös anyagátadást a gomba és a gazdanövény között (Schreiner 2005). A 2012-es év tavaszán az arbuszkuláris kolonizációt (A %) tekintve még szignifikánsan magasabb értékek mutatkoztak a korábban kis terhelésű tőkéknél (60 %) a korábban túlterhelt tőkékhez viszonyítva (30 %). Az arbuszkulumok számát (db.), és magát a hífakolonizációt (K %) tekintve, a kis terhelésnél 83,3 %-ot, míg nagy terhelésnél 92,2 %-os értékeket tapasztaltam (22. táblázat). Az egykori 11 rügy/m<sup>2</sup> esetén 209 db, míg az alacsony terhelés (4 rügy/m<sup>2</sup>) vonatkozásában 145 db. arbuszkulumot detektáltam. A korábban túlterhelt tőkék minden bizonnyal igénybe vették raktározott tápanyagkészletüket, és ennek pótlása is hozzájárulhatott az arbuszkulumok továbbra is magas számához.



22. táblázat. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei (2012 tavasz, 2012 ősz, Gál Szőlőbirtok és Pincészet, Szigetcsép)

Vizsgált paraméterek	2012 tavasz		2012 ősz	
	8 rügy/m <sup>2</sup>			
	<i>(korábbi 4 rügy/m<sup>2</sup> terhelés)</i>	<i>(korábbi 11 rügy/m<sup>2</sup> terhelés)</i>	<i>(korábbi 4 rügy/m<sup>2</sup> terhelés)</i>	<i>(korábbi 11 rügy/m<sup>2</sup> terhelés)</i>
Kolonizáció (K %)	83,3 <sup>+</sup>	92,2	81,1 n.s.	76,7
Arbuszkuláris kolonizáció (A %)	60***	30	43 n.s.	40
Arbuszkulumszám (A db.)	145+	209	78 n.s.	104

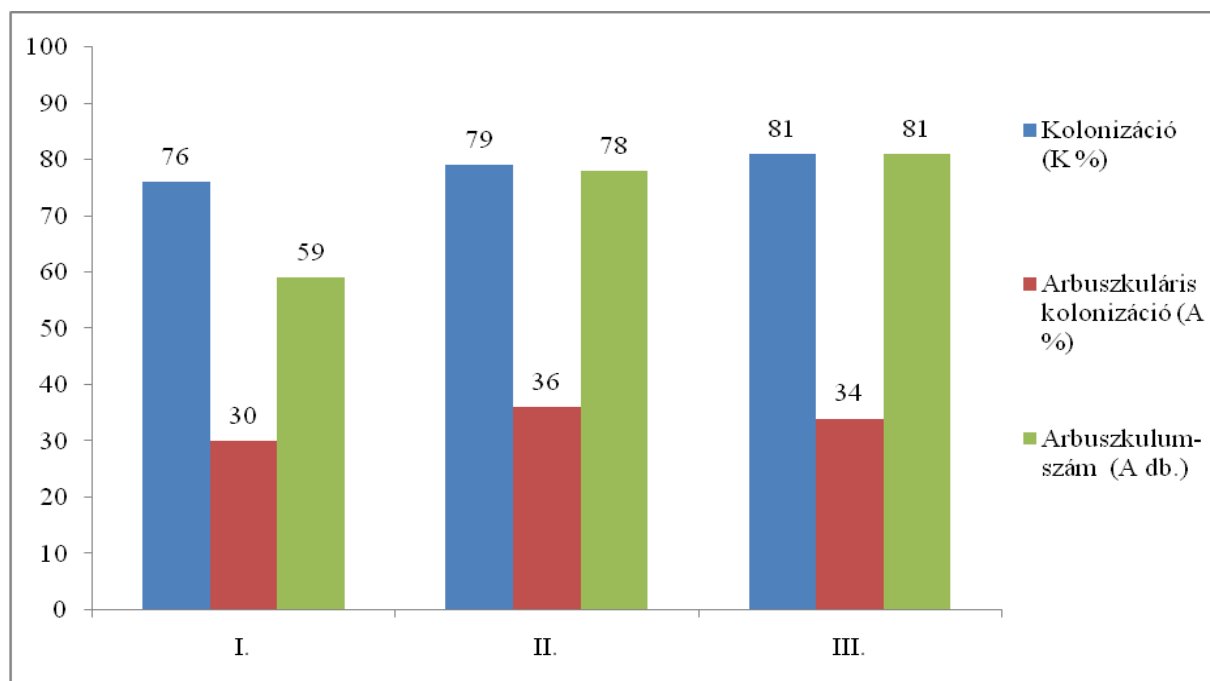
n.s = az átlagok között nincs különbség; + = p<0.1; \* = p<0.05; \*\* = p<0.01; \*\*\* = p<0.005

Utolsó mintavételünk alkalmával, 2012 őszén a korábbi kis terhelésnél 81,1 %, míg a korábban nagy terhelésnél 76,7 %-os kolonizációs (K %) értékeket tapasztaltam. Az arbuszkuláris kolonizációt (A %) tekintve a nagyobb terhelésnél 40 %-ot, míg a kisebb terhelésnél 43 % - ot mértem. Az arbuszkulumok számára vonatkoztatva továbbra is magasabb értéket mértem a korábbi nagy terhelésnél (104 db.), mint a kis terhelésnél (78 db.), egyik paraméter kapcsán sem tapasztaltam már azonban szignifikáns különbségeket.

Eredményeim szerint Kékfrankos fajtánál, a tőkék terhelésének fokozása a mikorrhiza-kapcsolat intenzitásának a csökkenéséhez vezetett. Alanykísérletekben egyaránt azt tapasztalták, hogy nagy terméshozamot biztosító alanyfajták gyökereiben is rendszerint alacsonyabb mértékű, míg alacsonyabb terméshozamot indukáló alanyfajtáknál magasabb szintű arbuszkuláris kolonizáció figyelhető meg (Schreiner 2003). Mindezt azonban nagymértékű lelevelezés is előidézheti, mivel ekkor csökken a szénhidrát-termelés intenzitása, ezzel együtt az arbuszkulumok száma (Pinkerton et al. 2004). A kapcsolat idődinamikájának vizsgálata során az is igazolást nyert, hogy valóban az eltérő rügyterhelés okozhatta a tapasztalt különbségeket, mivel 2012 őszére a szignifikáns eltérések megszűntek a korábban különbözőképpen terhelt növények között.

### 5.3. Mikorrhiza vizsgálat eredményei a talajnedvesség-grádiens függvényében (Villangó Szőlőbirtok, Eger)

5.3.1. A mikorrhiza kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %), arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei a kísérleti parcellákon



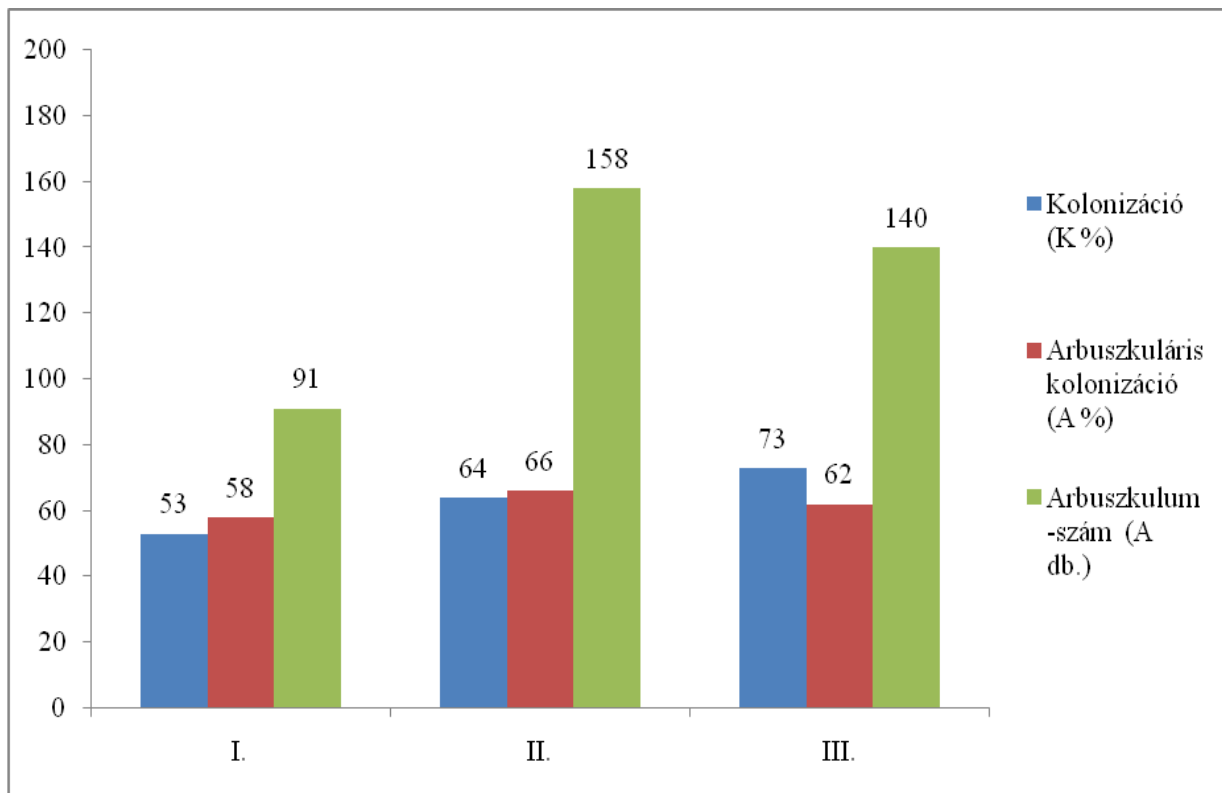
Sign. <sup>1</sup>	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	+	+	n.s.

n.s. = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

29. ábra. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei (Eger, 2011 tavasz)

A mikroszkópi vizsgálatok során megállapítottam, hogy 2011 tavaszán az arbuszkulumok számát tekintve különbség mutatkozott az I. és a II, továbbá, az I. és a III. terület között (29. ábra). Számunkra jelen esetben is talán a legfontosabb információt az arbuszkulumok száma jelenti, mivel a gomba és a gazdanövény közti kapcsolat funkcióképességét leginkább a kolonizált gyökérszakaszokon fellelhető arbuszkulumok gyakorisága jelzi (Pinkerton et al. 2004, Schreiner 2005), melyek jelentős méretű felülete biztosítja a növény és a gomba közti kölcsönös tápanyagcserét (Schreiner 2005). A mikorrhiza kolonizáció, és az arbuszkuláris kolonizáció esetén nem tapasztaltam statisztikailag kimutatható eltéréseket. Eredményeim összhangban állnak Schreiner és Lindermann (2005), Sweet és Schreiner (2010) megállapításaival, miszerint a szőlő száraz hegy- illetve domboldalakon, kevésbé termékeny talajokon nagyobb mértékben

szorul a mikorrhiza-kapcsolatra, mint termékeny, jó vízellátottságú termőhelyeken, illetve, a vízzel telített talaj minden bizonnyal rendkívül kedvezőtlen volt a gombák számára is.

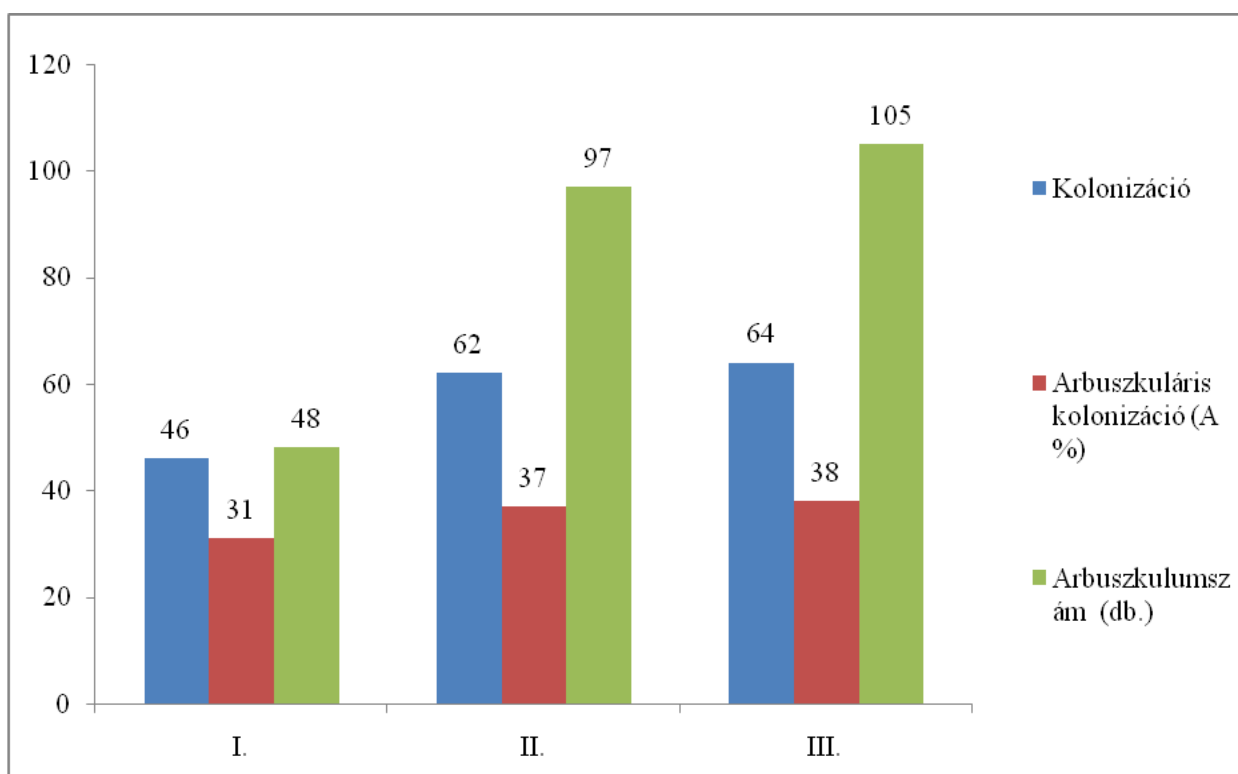


Sign. <sup>1</sup>	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III
	+	+	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

30. ábra. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei (Eger, 2011 ősz)

A vizsgálatot 2011 őszén folytatva, szignifikáns különbségeket tapasztaltam a mikorrhiza-kolonizáció mértékében is (K %), mely jelenség a gombák számára kedvezőtlen környezetre utal (30. ábra). Az értékek a következőképpen alakultak: I. blokk, 53 %; II. blokk, 64 %; III. blokk: 73 %. Az I. blokkra statisztikailag igazolhatóan szerényebb kolonizáció jellemző. Az arbuszkuláris kolonizáció (A %) az I. blokknál 58 %, a II. blokknál 66 %, míg a III. blokknál 62 %, szignifikáns különbségeket nem tapasztaltam. Az arbuszkulumszám (A db.) eredményei azonban statisztikailag igazolható eltéréseket mutatnak: az I. blokk tőkéinek hajszálgökörein 91 db, a II. blokkban markánsan megugró, 158 db, míg a III. blokkban 140 db. arbuszkulumot jegyeztem fel.



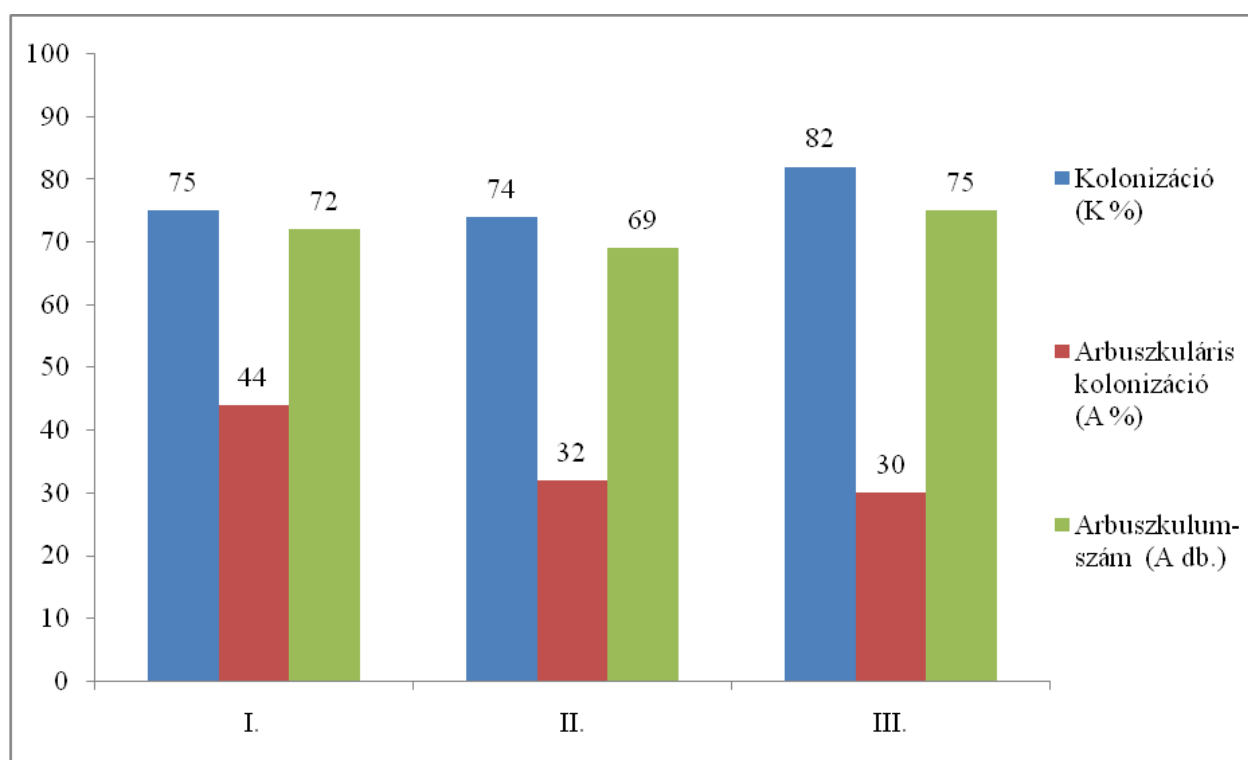
<i>Sign.<sup>1</sup></i>	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III
	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

31. ábra. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei (Eger, 2012 tavasz)

Eredményeim szerint, 2012 tavaszára a magasabban elterülő parcellákon meghatározott mikorrhiza kolonizáció és arbuszkulumszám is szignifikánsan magasabb volt, az I. blokkhoz viszonyítva (31. ábra). A kolonizáció (K%) a következőképpen alakult: I. blokk: 46 %, II. blokk: 62 %, III. blokk: 64 %. Az arbuszkulumszám-vizsgálat során a következő eredményeket kaptam: az I. blokk gyökérmintáin mindössze 48 db. képletet detektáltunk, a II. esetén már 97-et, míg a III.-nál 105 db. volt az arbuszkulumok átlagos száma. Davies et al. (1992) és Marschner (1997) megállapítása is alátámasztja eredményeimet, mi szerint aszályos, csapadékban szegény időjárás esetén fokozott szerepe lehet a gombatársaknak, és a mikorrhizáltság fokozza a szőlő szárazságtűrő képességét. Szinte minden alkalommal magasabb arbuszkulumszámot mértem a birtok magasabb tengerszint magasságban fekvő pontjain. Munkám kezdetekor az első vizsgálati blokkot a belvízzel terhelt terület rész tözsomszédságában jelöltem ki, így a szőlő számára elegendő - sőt, túl sok - víz állhatott rendelkezésre, levegőtlen talajállapot alakult ki. Valószínűleg ez a tény is jelentősen közrejátszott abban, hogy jóval alacsonyabb

arbuszkulumszámot határoztam meg e parcellánál, mivel a szőlő nem szorult rá a mikorrhiza hálózat vízfelvételben játszott szerepére: ha a talaj víztartalma a szőlő gyökerei számára könnyen elérhetővé válik, csökken az arbuszkulumok gyakorisága (Schreiner et al. 2007). Schreiner (2005) a szőlő öntözésével kapcsolatban tett megállapításainál hasonlóság fedezhető fel, mi szerint kisebb gyakorisággal találhatók a szőlő gyökereiben arbuszkulumok azokban a parcellákban, melyek gyakori, nagy adagú öntözésben részesülnek. A gazdanövény vízellátása nem kizárólag a talajt behálózó hifahálózat vízfelvétele és vízszállítása, továbbá a növényi anyagcsere kedvező befolyásolása révén javul. Az AM gombák hatást gyakorolnak a talaj vízmegtartó-képességére, illetve a talajaggregátumok stabilizálására is. A talajaggregátumok stabilitását szolgálják a talajrészecskék fizikai összeköttetését szolgáló gombafonalak, a talajrészecskék összekapcsolódásában azonban szerepet játszik a gomba által termelt glomalin glikoprotein is (Wright és Upadhyaya 1998).



Sign. <sup>1</sup>	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III
	n.s.	n.s.	n.s.	+	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

32. ábra. Mikorrhiza-kolonizáció (K %), arbuszkuláris kolonizáció (A %) és arbuszkulumszám (A db.) vizsgálat eredményei (Eger, 2012 ősz)

A 2012-es év aszályos, csapadékban szegény évnek volt mondható, aminek köszönhetően megszűnt a belvíz az adott területrészen. Mérésem alapján, 2012 őszén az arbuszkulumok számában már nem tapasztaltam szignifikáns eltéréseket, sőt, az arbuszkuláris kolonizációt tekintve tendencia szintű (a középső blokkhoz képest), illetve szignifikáns (a felső blokkhoz képest) különbségeket tapasztaltam, az első vizsgálati blokk javára (32. ábra).

Véleményem szerint ez azért alakulhatott így, mivel egyrészt a talaj vízellátottságának csökkenése indukáló tényező lehetett az arbuszkuláris kolonizáció fokozódására, továbbá, a levegőtlen, kedvezőtlen talajállapotok csökkentett tápanyagfelvételt eredményezhettek az elmúlt két évben, aminek kompenzálásában, a tőkék tápelem készletének helyreállításában is jelentős szerep juthat a gombapartner számára.

A 23. táblázatban az első és az utolsó mintavételek eredményeit látjuk összevetve. A terület legmélyebbi, 2010-ben belvízzel borított részének tőszomszédságában kijelölt I. blokk értékei vastagon szedett betűkkel láthatóak. A változás meglátásom szerint a következő okokra vezethető vissza: a területről eltűnt a belvíz, a talaj víztartalma is egyre csökkent, így nagyobb szükség lehetett a gombatársra (Davies et al. 1992, Marschner 1997, Schreiner és Lindermann 2005, Sweet és Schreiner 2010). Emellett, a korábbi években a belvíz miatt minden bizonnyal kedvezőtlen körülményekkel (vízzel túltelített talaj, talajtömörödés, oxigénban szegény talaj, kedvezőbb körülmények a gombás betegségek számára, stb.) kellett a szőlőnek szembenéznie, amely nem csak a gombatárs kolonizációjának leépüléséhez vezetett, hanem kedvezőtlen, elgyengült tőkekondíciót eredményezett. Ez a tényező - a víz visszahúzódása után - szintén hozzájárulhatott a kolonizáció mértékének intenzívebbé válásához, hiszen, a gombatárs a szőlő víz- és tápanyag ellátásában, kiegyenlített növekedésében fontos szerepet játszik (Menge et al. 1983, Schubert et al. 1988, Karagiannidis et al. 1995, Bavaresco et al. 1996, Biricolti et al. 1997, Petgen et al. 1998, Schreiner 2005).

23. táblázat. A kezdeti és záró fénymikroszkópos vizsgálatok összehasonlítása (2011 tavasz - 2012 ősz)

Vizsgált paraméterek	2011 / tavasz	2012 / ősz	2011 / tavasz	2012 / ősz	2011 / tavasz	2012 / ősz
	I. Blokk		II. Blokk		III. Blokk	
Kolonizáció (K %)	76	75	79	74	81	82
Arbuszkuláris kolonizáció (A %)	<b>30</b>	<b>44</b>	36	32	34	30
Arbuszkulum-szám (db.)	<b>59</b>	<b>72</b>	78	69	81	75

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

### 5.3.2. Termésmennyiség vizsgálat eredményei

24. táblázat. Termésmennyiség, fürt szám, és fürt átlagtömeg mérések eredményei (2011, Eger)

Blokkok	Fürt átlagtömeg (g)			Fürt szám (fürt/tőke)			Termésmennyiség (kg/m <sup>2</sup> )		
I.	106,4			11,4			0,63		
II.	138,3			18,4			1,33		
III.	148,3			15,6			1,21		
<i>Sign.</i> <sup>1</sup>	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III
	*	**	n.s.	***	**	n.s.	**	**	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

Mikroszkópi méréseim összhangban állnak a szüreti eredményekkel. A fürtök számát tekintve, az I. blokkra 11,4 db, a II. blokkra 18,4 db, a III. blokkra 15,6 db átlagos fürtszám volt

jellemző (24. táblázat). Az I. blokk értéke szignifikánsan kisebb, mint a II. és a III. blokkoké. Az I. blokk átlagos fűrttömege szignifikánsan alacsonyabb, mint a II. és III. blokkoké. A rügyek differenciálódása már az előző évben megtörténik (Bényei et al. 1999), így valószínűleg a rendkívül kedvezőtlen 2010-ik évi körülmények, a levegőtlen, hosszú időn keresztül vízzel telített talaj, kevesebb napsütéses órák száma kedvezőtlen hatással bírhatott a fűrtkezdemények fejlődésére, ezáltal a következő évi termésmennyiség alakulására. A fűrtszám vizsgálata esetén a 2011. évben szignifikáns különbséget tapasztaltunk: a vízzel leginkább ellátott területen mutatkozott a legalacsonyabb tőkénkénti fűrtszám. A fűrtök átlagtömege szintén hasonló tendenciát mutatott. Az I. blokk tőkéinek átlagos fűrttömege 106,4 g, a II. blokké 138,3 g, a III. blokké 148,3 g. Az I. blokk 0,63 kg/m<sup>2</sup>, a II. blokk 1,33 kg/m<sup>2</sup>, a III. blokk 1,21 kg/m<sup>2</sup> termést hozott. Szignifikánsan alacsonyabbak az I. blokk mutatói. A szárazabb 2011-ik évjárat, illetve, a belvíz visszahúzódása pozitív hatással volt a rügyek differenciálódására. A 2012-es évben a fűrtök számát tekintve, az I. blokk szignifikánsan magasabb értékeket eredményezett. I. blokk: 44 db, II. blokk: 32 db, III. blokk: 30 db fűrt/tőke. A fűrtátlagtömegek a következőképp alakultak: I. blokk: 75 g, II. blokk: 74 g, III. blokk: 82 g (25. táblázat). Bár ezen eredmények még mindig némileg alacsonyabb értéket mutattak az I. blokkban (a III. blokkhoz képest), de a különbség nem volt szignifikáns. A termésmennyiséget tekintve, közel azonos értékeket mértünk mindhárom blokk esetén. Az I blokk 2,34 kg/m<sup>2</sup>, a II. blokk 2,25 kg/m<sup>2</sup>, a III. blokk 2,44 kg/m<sup>2</sup> termést eredményezett. Az eredmények összhangban állnak a rügydifferenciálódással kapcsolatos gondolatmenettel, illetve, a fűrtszám alakulása azonos tendenciát mutat az arbuszkulumszámok és az arbuszkuláris kolonizáció vonatkozásában tapasztalt változásokkal. A termés mennyiségében nem talapsztaltam szignifikáns különbségeket.

25. táblázat. Termésmennyiség, fűrt szám, és fűrt átlagtömeg mérések eredményei (2012, Eger)

Blokkok	Fűrt átlagtömeg (g)			Fűrt szám (fűrt/tőke)			Termésmennyiség (kg/m <sup>2</sup> )		
I.	75			44			2,34		
II.	74			32			2,25		
III.	82			30			2,44		
<i>Sign.<sup>1</sup></i>	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III	I-II	I-III	II-III
	n.s.	n.s.	n.s.	+	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s = az átlagok között nincs különbség; + = p<0.1; \* =p<0.05; \*\*=p<0.01 ; \*\*\*=p<0.005



E kísérleti helyszín esetén a sorközművelés mechanikailag és a természetes növényflórát történő kaszálással zajlott, így nem hagyható figyelmen kívül a mikorrhizaképző gombáknak a szabadon élő nitrogénfixáló mikroorganizmusokra gyakorolt kedvező hatása (*Azotobacter*, *Azospirillum*) (Sieverding 1991). Tevékenységük azért is fontos számunkra, mivel serkentik a szerves anyagok bomlási folyamatát, s szerepet játszanak a lebomló takarónövény-maradványok szerves N-készletének a hasznosításában (Hodge et al. 2001).

### 5.3.3. Termésminőség vizsgálat eredményei

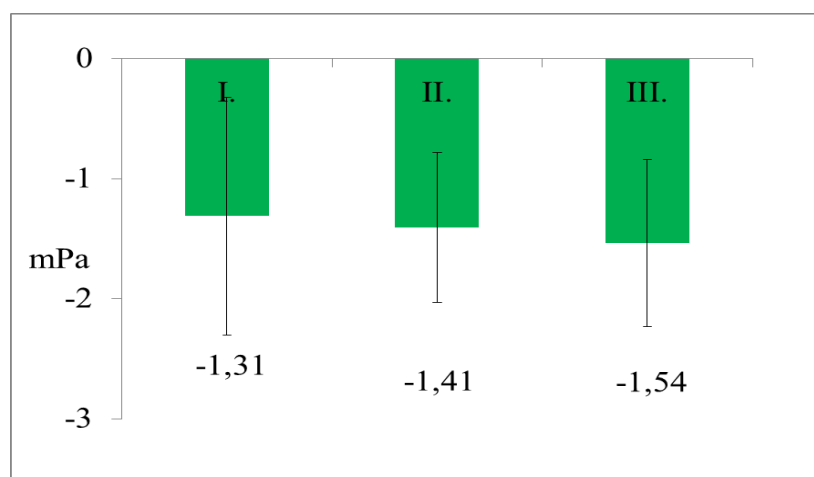
A mustminőség vizsgálata során, bár nem tapasztaltam szignifikáns különbségeket, a legyszerényebb értékeket az I. blokk esetén mértem (26. táblázat), mely jelenség szintén a kedvezőtlen tőkekondíció és termesztési körülmények folyamányaként léphetett fel.

26. táblázat. Mustminőség vizsgálat eredményei (2011-2012, Eger)

Vizsgált időszak	Titrálható savtartalom (g/l)			Brix°		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
2011	7,33	8,4	9,33	21,7	23,33	23,23
2012	6,6	7,2	8,4	22	25,5	26,2

### 5.3.4. Vízpontenciál mérési eredmények az egyes parcellákon

A 2010-ik évben lehullott 1016 mm csapadék eredményeképp a terület legmélyebb pontján létrejött belvíz a 2012-es évben visszahúzódott, a területen kipusztultak a tőkék. A víz visszahúzódása ellenére, Scholander nyomáskamrával mért napközi vízpontenciál mérés során az I. blokk esetén 1,31 mPa, a II. blokk esetén 1,41 mPa, míg a III. vizsgált blokk esetén 1,54 mPa értékeket jegyeztem fel (33. ábra). Az egyes blokkok talajának víztartalmát illetően, szignifikáns különbségeket tapasztaltam. Mérésem alapján, 2012 nyarán az I. blokk volt vízzel legjobban ellátott.



<i>Sign.<sup>1</sup></i>	I-II	I-III	II-III
	+	* *	*

n.s = az átlagok között nincs különbség; + =  $p < 0.1$ ; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.005$

33. ábra. Scholander nyomáskamrával végzett napközi vízpoteenciál ( $\psi_m$ ) értékeinek alakulása (Eger, 2012. 08. 19.)

### 5.3.5. A vizsgált parcellákról gyűjtött levélminták analízisének eredményei

27. táblázat. A levélanalízisek eredményei, 2011-2012 (Eger)

2011 tavasz								
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
I.	2,54	0,17	0,77	3,36	0,41	24	96	7,7
II.	2,87	0,19	0,77	3,5	0,42	29	77	13
III.	2,77	0,16	0,75	3,57	0,54	30	68	14
2011 ősz								
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
I.	1,99	0,27	0,59	3,82	0,54	22	63	28
II.	2,39	0,2	0,76	4,32	0,59	16	81	25
III.	2,22	0,21	0,79	4,36	0,71	23	98	41

2012 Tavasz								
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
I.	2,96	0,56	0,79	3,33	0,48	27,92	58,9	154,43
II.	2,74	0,2	0,6	3,46	0,54	22,75	48,96	171,89
III.	2,34	0,21	0,79	3,5	0,56	20,02	104,99	150,54
2012 Ősz								
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
I.	1,85	0,16	0,31	4,24	0,59	21,15	45,08	105,29
II.	2,32	0,15	0,49	4,96	0,57	15,9	63,09	116,77
III.	1,56	0,13	0,35	5,15	0,96	11,96	154,61	71,73

Korábbi kutatási eredmények, a mikorrhizált szőlőgyökér esetén egyértelműen igazolták a gombatárs révén kedvezőbbé váló foszforellátottságot (Possingham és Obbink 1971, Deal et al. 1972, Gebbing et al. 1977, Karagiannidis et al. 1995, Bavaresco és Fogher 1996, Biricolti et al. 1997, Petgen et al. 1998, Nikolau et al. 2003, Schreiner 2005). A levélanalízis során ez a jelenség nem volt kimutatható: a kalcium- és magnéziumszint vonatkozásában azonban minden alkalommal az I. bloknál jelentkeztek a legalacsonyabb értékek, amely összefüggésben lehet az alacsonyabb mikorrhizáltsággal (27. táblázat). Általánosan megfigyelhető a foszfor mellett a cink és a réz felvételének elősegítése, fokozódhat a nitrogén, a kálium, a kalcium, a magnézium, kén, bór és a vas felvétele is (Marschner 1997, Smith és Read 1997, Clark és Zeto 2000). A szakirodalom szerint, mikorrhizált szőlőben - a gombapartner nélkülihez viszonyítva - bizonyos esetekben kisebb lehet egyes elemek, például a mangán koncentrációja (Karagiannidis et al. 1995, Biricolti et al. 1997, Petgen 2004). A mikorrhizált gyökér rizoszférájában megváltozik a mangán-redukáló baktériumok populációja (Kothari et al. 1991). A mangánra vonatkozó eredményeket tekintve ennek fordítottját tapasztaltam, mely jelenség azonban minden bizonnyal összefügg a terület vízzel való borítottságával, így e tápelem talajban való felhígulásával (Zanathy et al. 2011). A levélanalízis eredmények vonatkozásában meg kell említeni, hogy a levelek kálium-, kalcium- és vas-, bór- és mangántartalmát illetően nem lehet teljesen egyértelmű, ellentmondásokról mentes kijelentéseket tenni (Bavaresco és Fogher 1992, Petgen et al. 1998, Biricolti et al. 1997)

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

- A lombtrágyázás mikorrhizáltságra gyakorolt hatása függ a talaj és a kijutattandó trágya tápelem-összetételétől, továbbá az alkalmazott rügyterheléstől és a zöldmunkák kivitelezésétől is.
- Nagy rügyterhelés és kezeletlen lombsátor a mikorrhiza-kapcsolat intenzitásának, azaz az arbuszkuláris kolonizációnak a csökkenéséhez vezethet, mivel bár megnövekszik a növény asszimiláló felülete, a nagyobb fürtszám és a fejlődő fő-és hónaljajtások szénhidrát-igényének kielégítése okán kevesebb juthat a gombapartner számára.
- Kerülni kell a belvíz kialakulására hajlamos területeken a szőlő telepítését. Ha kialakult a belvíz, igyekezzünk minél hamarabb levezetni, mivel ilyen esetben az általános tőkekondíció-romlás mellett a szőlő tápanyagfelvételében és egészséges növekedésében fontos szerepet játszó mikorrhiza gombák kolonizációja is lecsökken.
- Kerüljük a tőkék túlterhelését, illetve a radikális rügyterhelés váltást, még idősebb ültetvények esetén is. A szakirodalom szerint, a hirtelen felmerülő jelentős rügyterhelés, illetve fürthozam növelés fokozott tápanyag-mobilizációt indíthat meg a fás részekből. A mikorrhiza kapcsolat leépülését okozhatja, ha a gombatárs nem részesül elegendő szénhidrátban. A megnövekedett rügyterhelés okozta nagyobb terméshozam beérlelése, a lombfelület, illetve a hónaljajtások képződésének aránytalan mértékű fokozódása valószínűleg feléli a szőlő által előállított asszimilátumokat, így a gombapartnernek nem jut elegendő mennyiségű tápanyag, s emiatt a kapcsolat intenzitásának a csökkenése várható. A csökkenő mikorrhiza-kolonizációval a stresszel szembeni ellenálló képesség visszaesése mellett romlik a víz-és tápanyagfelvétel hatékonysága, a kórokozókkal szembeni ellenálló képesség s középtávon rossz tőkekondíció, gyengébb beltartalmú termés, általánosan romló tőkekondíció lesz a végeredmény.

## 7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- 1) Hazánkban ez volt az első termő szőlőültetvényekben folytatott mikorrhiza-kolonizáció vizsgálat, melynek során, két borvidéken (Egri, Kunsági), három szőlőfajtán (Viktória gyöngye, Kékfrankos, Pinot noir) a termőhely, valamint egyes agro- és fitotechnikai műveletek a kolonizációra gyakorolt kihatását vizsgáltam. Az általánosan elfogadott százalékos értékelés mellett, a vizsgálati pontokban darabra pontosan is számoltam az arbuszkulumokat. Ez a módszer – bár rendkívül időigényes – még pontosabb képet ad a mikorrhiza-kapcsolat intenzitását, a gomba működőképességét leginkább jelző, arbuszkuláris kolonizációról.
- 2) Kimutattam, hogy nemcsak a talaj tápanyagszintjétől, hanem a szőlő rügyterheltségétől is erősen függ a mikorrhiza gombapartner működőképessége. Állandó, 3 rügy/m<sup>2</sup> terhelésnél a csonkázott lombsátrú tőkék mikorrhiza-kolonizációjára, azon belül is az arbuszkulumok számára negatív kihatással volt a háromszori, 1,5 l/ha dózisban kijuttatott, foszfor hangsúlyos lombtrágya. A tápanyagokban gyengébben ellátott homoktalajon, egyesfüggöny művelésű Viktória gyöngye fajtára ugyanakkor nagy rügyterhelésnél és talajsztig érő lombsátornál a háromszori, 1,5 l/ha dózisban kijuttatott, nagy mennyiségű foszfort tartalmazó lombtrágyának pozitív hatása volt a mikorrhiza-kolonizáció mértékére.
- 3) Kimutattam, hogy a foszfor lombtrágyázás hatására tapasztalt mikorrhiza-kolonizációs eredmények összhangban állnak a termésmennyiség, a vesszőtömeg, és a nappali vízpotenciál alakulásával. Kis tápanyag ellátottságú homoktalajon, túlterhelt és nem csonkázott tőkéknél a kezelések hatására nem szignifikáns mértékű növekedést tapasztaltam a termésmennyiségre és a vesszőtömeg értékeire.
- 4) A rügyterhelés hatására bekövetkező változások humuszban és tápanyagokban viszonylag szegény homoktalajon már a metszést követően, a vegetációs periódus virágzás utáni fázisában jelentkeznek. A rügyterhelés növelése csökkenti a mikorrhiza-kolonizáció intenzitását, míg a terhelés csökkentése serkentőleg hat rá. Aránytalanul nagy lombsátor esetén a mikorrhiza-kolonizáció, de különösen az arbuszkuláris kolonizáció csökkent.

- 5) A túlterhelt állomány rügyterhelésének csökkentése után 1,5 évvel még megfigyelhető a magasabb arbuszkuláris kolonizáció, de a kolonizációban megfigyelt különbségek folyamatosan kiegyenlítődnek.
- 6) A belvíz okozta magasabb talaj-vízellátottság hatására jelentős mértékben csökken az arbuszkulumok gyakorisága. A belvíz visszahúzódása után négy hónappal a mikorrhiza kolonizáció markáns növekedése tapasztalható.

## 8. ÖSSZEFOGLALÁS

A szőlő gyökere nem hálózza be intenzíven a talajt, s a gyökerén kialakuló endomikorhiza-kapcsolat fokozott szerepet játszik a szőlőnövény növekedésében, optimális víz- és tápanyagellátásában, kórokozókkal szembeni eredményesebb fellépésében. Mindezek okán több figyelmet kellene fordítanunk e mikroszkópikus méretű, a szőlőt segítő talajlakó élőlény felé, már csak amiatt is, mert kedvezőtlen, aszályos évjáratokban; fiatal ültetvények esetén; száraz termőhelyeken, homoktalajon (kedvezőtlenebb vízháztartás, alacsonyabb tápanyagszint); új ültetvények létesítésekor, stb. fontos szerepet tölthetnek a minél kedvezőbb fiziológiai állapot elérésében/megtartásában. Az alkalmazott fitotechnikai műveletekkel befolyásoljuk a tőkék szénhidrát forgalmát, mely kihat a vele együtt élő gombatársak tevékenységére. Ha a tápanyag-utánpótlás során olyan tápanyagokat juttatunk ki a szőlőbe, melynek fokozott felvételéért a gombapartner (is) felelős, akkor ez szintén a kapcsolat megváltozásához vezethet.

Munkám során két borvidéken és három szőlőfajtán vizsgáltam az eltérő termőhely, időjárási jelenség, egyes agro-és fitotechnikai műveletek hatását a szőlő mikorrhiza kolonizációjára. Minden esetben kezelésenként négy kísérleti blokkot jelöltünk ki/állítottunk be, blokkonként 25 tőkével ( $n=100$  tőke/kezelés).

### 8.1. Terhelés és foszfor-hangsúlyos lombtrágyázás hatása a mikorrhiza-kolonizációra (BCE SZBI Szigetcsépi Tangazdaság)

A mikorrhiza gombák egyik fő „értedme” a foszfor felvételében játszott szerepük. Célul tűztük ki, hogy eltérő terhelést és zöldmunkát alkalmazva vizsgáljuk a háromszor, 1,5 l/ha dózisban kijuttatott, foszfor hangsúlyos ( $P_2O_5$ : 72, 7 % w/w,  $K_2O$ : 8,3 % w/w,  $KH_2PO_4$ : 81,0 % w/w összetételű) lombtrágya hatását a kolonizáció, különösképpen az arbuszkuláris kolonizáció vonatkozásában.

Az arbuszkulumok felülete biztosítja a víz és a tápanyagok átadását, így számuk meghatározó a mikorrhiza kapcsolat sikerességének megítélésénél. A szakirodalomban jellemző százalékos értékelés mellett, darabra pontosan is meghatároztam az arbuszkulumok számát a vizsgálati pontokban.

Alkalmazott kezelések:

- Kontroll: kis terhelés ( $3 \text{ rügy/m}^2$ ), a talajszinttől 100 cm magasan csonkázott lombsátor (6. ábra)
- Kis terhelés ( $3 \text{ rügy/m}^2$ ), nem csonkázott lombsátor (7. ábra)

- Kis terhelés (3 rügy/m<sup>2</sup>), a talajszinttől 100 cm magasan csonkázott lombsátor, Fosfonin Flow lombtrágyával kezelve
- Kis terhelés (3 rügy/m<sup>2</sup>), nem csonkázott lombsátor, Fosfonin Flow lombtrágyával kezelve
- Nagy terhelés (10,7 rügy/m<sup>2</sup>), a talajszinttől 100 cm magasan csonkázott lombsátor (8. ábra)
- Nagy terhelés (10,7 rügy/m<sup>2</sup>), nem csonkázott lombsátor (9. ábra)
- Nagy terhelés (10,7 rügy/m<sup>2</sup>), a talajszinttől 100 cm magasan csonkázott lombsátor, Fosfonin Flow lombtrágyával kezelve
- Nagy terhelés (10,7 rügy/m<sup>2</sup>), nem csonkázott lombsátor, Fosfonin Flow lombtrágyával kezelve

Eredményeim alapján, a 3 rügy/m<sup>2</sup> terhelésnél a csonkázott lombsátorral rendelkező tőkék mikorrhiza kolonizációjára, azon belül is az arbuszkulumok mértékére kedvezőtlenül hatott a lombtrágya. Az eredmények összhangban állnak a termésmennyiség, a vesszőtömeg, és a nappali vízpotenciál értékeinek alakulásával. Az aránytalanul nagy lombsátornál a kolonizáció, különösen az arbuszkuláris kolonizáció csökkent. A gombapartner-gazdanövény kapcsolat lényege, hogy a gombatárs tevékenységéért szénhidrátokban részesül. A megnövekedett vegetatív és generatív terhelés minden bizonnyal jelentős mennyiségű tápanyagot elvont, így a gombatárs kevesebb táplálékban részesült, mely a kolonizáció intenzitásának leépüléséhez vezethetett. Talajszintig érő lombsátor esetén a lombtrágya kijuttatásának pozitív hatása volt a kolonizáció mértékére. A kijuttatott tápanyag enyhítette a szőlő radikálisan megnövekedett tápanyagigényét, így kedvezőbb kondíciójú tőkéket eredményezhetett, mely során a szőlőnövény megfelelő mennyiségű (legalábbis több mint a lombtrágyázásban nem részesült, nem csonkázott állományok) szénhidrátot juttathatott a gombapartner számára, s így a mikorrhiza kapcsolat révén eredményesebb stressztűrés, víz-és tápanyagfelvétel valósulhatott meg.

Munkám során választ kaptam arra a kérdésre, hogy adott edafikus és klimatikus viszonyok között mely agro-és fitotechnikai kezelések mellett hathat negatívan a mikorrhiza kolonizációra a háromszori, 1,5 l/ha dózisban kijuttatott, foszfor hangsúlyos lombtrágya kezelés.

## 8.2. Eltérő rügyterhelés hatása a szőlő mikorrhizáltságára (Gál Szőlőbirtok és Pincészet, Szigetcsép)

Munkám során egy 2009-ben beállított rügyterhelési kísérletet mintáztam (kis terhelés: 4 rügy/m<sup>2</sup>; nagy terhelés 11 rügy/m<sup>2</sup>). Két vegetációs időszakot követően, 1010-2011 telén a kísérleti szőlősorokat egységesen 8 rügy/m<sup>2</sup> terhelésű tőkéké alakították vissza, a termesztési gyakorlatnak megfelelően. A méréseket 2010 őszén kezdtem, eltérő terhelések hatását vizsgálva,



majd 2011 tavaszán folytattam, az „uniformizált” metszésű ültetvényben, a megváltozott rügyterhelés hatását vizsgálva. Célom az volt, hogy a terhelés megváltoztatásának hatását egy év múlva is értékeljem, ezért 2012 tavaszán és őszén újra megvizsgáltam a kolonizáció mértékét.

Eredményeim alapján kimutattam, hogy a rügyterhelés megváltoztatása kihatással van a mikorrhiza kolonizációra, azon belül is leginkább az arbuszkuláris kolonizációra. A rügyterhelés révén bekövetkező változás humuszban és tápanyagokban viszonylag szegény homoktalajon már a metszést követően, a vegetációs periódus virágzás utáni fázisában megfigyelhető. A két évig fenntartott nagy rügyterhelés üzemi terhelésűvé történő visszaalakítása után 1,5 évvel még megfigyelhető az üzemiétől eltérő, magasabb arbuszkuláris kolonizáció. A túlzott vegetatív és generatív igénybevétel a tőkék raktározott tápanyagainak megfogyatkozásához vezethet, ezek visszapótlásához az arbuszkulumok tápanyagátadó szerepe fontos.

### 8.3. Mikorrhiza vizsgálat a talajnedvesség-grádiens függvényében (Villangó Szőlőbirtok, Eger)

A vizsgált Pinot noir ültetvény legmélyebbi pontján, a telepítést megelőző évtizedekben nem műveltek szőlőt, mivel belvíz kialakulásának lehetősége fennáll a kb. 1000 m<sup>2</sup>-es területen. A területen 2010-ben jelentős mennyiségű (1016 mm) csapadék hullott, s a terület legmélyebb pontja 2011 nyaráig vízzel telített volt. A jelenség a korábbi években is megfigyelhető volt, azonban a közel 1000 mm csapadék, illetve a levegőtlen talaj hatására 2011-re ezen a részen kipusztultak a tőkék. Az első vizsgálati blokk e kipusztult területrészt tőszomszédságában található, majd a terület legmagasabb pontja felé haladva, további két blokkot jelöltem ki. Így a kísérlet tervezése során, a három vizsgált magassági ponton jelöltem ki a vizsgálni kívánt blokkokat.

Célom az volt, hogy meghatározzam az eltérő szinteken elhelyezkedő blokkok tőkéinek mikorrhiza kolonizációját, illetve megvizsgáljam, van-e összefüggés az arbuszkuláris kolonizáció, a vízháztartás, és a termésmennyiség között. Szélsőségesen csapadékos évjárat által előidézett belvíz hatására jelentős mértékben csökkent az arbuszkulumok gyakorisága. A rá következő szárazabb évben a belvíz visszahúzódása után, a tavaszi mintavétel után négy hónappal a mikorrhiza kolonizáció markáns növekedését tapasztaltam, melynek oka a víz visszahúzódása, és a belvíz által indukált gyenge tőkekondíció lehetett. Kerülni kell a belvíz kialakulására hajlamos területeken a szőlő telepítését. Ha kialakult a belvíz, igyekezzünk minél hamarabb levezetni, mivel átlános tőkekondíció-romlás mellett a szőlő tápanyagfelvételében és egészséges növekedésében fontos szerepet játszó mikorrhiza gombák kolonizációja is degradálódik.

## 9. SUMMARY

Similar to a variety of other plants, mycorrhizal symbiosis, i.e. the mutualistic interaction between fungi and the root of vascular plants, also has significant importance for the grape. The fungal partner (mycobiont) supports the water and nutrient uptake of the host plant, while the mycobiont gets carbohydrates necessary for its metabolism from the plant. This symbiosis is essential for the optimal and healthy development of the host plants. Consequently, in case of nutrient deficiency and poor soil condition, mycorrhizal colonization is of considerable importance.

The nutrient uptake of mycorrhizal plants is influenced by the soil characteristics, the soil cultivation method and the nutrient supply. Defoliation of the grape leads to a decreasing production of carbohydrates which may lead to a decrease in mycorrhizal colonization. In drought tolerance, this mutualism has a remarkable effect on the nutrient uptake including also the phosphorus (P) uptake of the grape. An increasing P supply can lead to moderation of mycorrhizal colonization. In case of superabundant phosphorous supply, the carbohydrate demand of the mycorrhiza is not proportional to the benefits offered by the fungus. Therefore, the degree (importance?) of mycorrhizal colonization is lower (less important) here compared to phosphorous deficient soils. However, the small negative effect of the foliar P spray treatments on the mycorrhizal colonization will likely have little impact on the vine physiology and fruit quality. Previous experiments resulted that foliar P spray fertilisation in vineyards of Oregon resulted reduced level of mycorrhizal colonization. The climatic and edaphic conditions and the training system may also influence the interaction.

That is why the aim of our open field trials were to investigate the effect 1) of different bud load, 2) different bud load and canopy management combined with foliar P spray treatments 3) different soil moisture conditions caused by extreme weather conditions on the mycorrhiza colonisation level of the grape.

The different treatments – and the control plants – were set up in every vineyard in four replications. Each replication-block contained 25 vines (n=100 vines/treatment).

### 9.1. Effects of bud load and phosphorus spray fertilisation on the degree of mycorrhizal colonization

The aim of our open field trial located in Szigetcsép was to study the effect of different bud load and canopy management combined with foliar P spray treatments on the mycorrhiza colonization of grape roots within a two-year-long period (2011 and 2012).

## Treatments:

- Control: 9 bud/vine load (3 bud/m<sup>2</sup>), summer pruning
- Low bud load (3 bud/m<sup>2</sup>)
- Low bud load (3 bud/m<sup>2</sup>), summer pruning and P-spraying
- Low bud load (3 bud/m<sup>2</sup>), P-spraying
- Heavy load: 32 bud/vine (10, 7 bud/m<sup>2</sup>), summer pruning
- Heavy load: 32 bud/vine (10, 7 bud/m<sup>2</sup>)
- Heavy load: 32 bud/vine (10, 7 bud/m<sup>2</sup>), summer pruning and P-spraying
- Heavy load: 32 bud/vine (10, 7 bud/m<sup>2</sup>), P-spraying

Although the indices of the colonization are important for evaluating the mutualism, the effectiveness of endomycorrhizal interaction is not revealed by the mere degree of colonization, but it is indicated by the number of arbuscules in the colonized root fragments. The high bud load resulted in lower level of arbuscular colonization. The reason could be the increased demand for the carbohydrates due to the increased canopy and number of bunches, what resulted a decrease in the carbon amount available for the fungal partner. Similarly to the observations of Schreiner and Lindermann (2005), foliar P sprays resulted reduced level of the colonization in case of the control bud load. Our results show that in case of high bud loaded and non-trimmed stocks the foliar spraying had positive effect on the percentage of arbuscules. Most probably, the nutrient content of the sprayed fertilizer compensated for the high nutrient demand of the overloaded and non-trimmed vines. It could have affected beneficially the plants' physiological parameters, like the intensity of carbohydrate synthesis. We found that the heavy loaded blocks had lower water potential values ( $\psi_m$ ) than the control. These results are in accordance with the results of the colonization.

## 9.2. Investigation of the effect of different bud load on the mycorrhizal colonization of the grape

The experiment was carried out in the Gál Vineyard and Winery. The investigated variety was Kékfrankos, grafted on Teleki 5 C rootstocks. The samples were collected from vines with two several bud loads (low bud load: 4 bud/m<sup>2</sup>; high bud load: 11 bud/m<sup>2</sup>). After monitoring the mycorrhizal colonisation for two vegetation periods (in the autumn and winter of 2010-2011), the bud load was unified to 8 bud/m<sup>2</sup> in each row, according to the practice of the vineyard. With this field trial our aim was to study the effects of bud load and bud load uniformization on the mycorrhizal colonization.

In case of the 11bud/m<sup>2</sup> load, in 2010, the number of arbuscules was significantly lower than in case of the 4bud/m<sup>2</sup> load. When the stocks were loaded to a heavier extend, they used more

assimilate to supply the bunches and to develop a larger canopy, so there were less carbohydrates available for the mycobiont. In the next season, the bud load of the grape was uniformly adjusted to 8 bud/m<sup>2</sup>. Both the arbuscular colonization and the number of arbuscules was almost the double than of the other (previously 4 bud/m<sup>2</sup>) treatment. In the two vegetation periods, the overloaded stocks may have utilized the majority of their stored nutrients, which is important for the grape. Consequently, the reason for the elevated number of the arbuscules might be the fact that the modified bud load increased the need of a more intensely working endomycorrhizal interaction. Nevertheless, the difference between the endomycorrhizal colonization of the two treatments decreased, thus we can observe a tendency toward an equalized endomycorrhizal status as a result of unifying the bud load. One year later, we still found difference between the previously treatments. The formerly overloaded stocks still maintained higher level of the colonization, probably because of the intense nutrient need of the grape. The results showed that optimal loading is important to form a balanced plant-fungus symbiosis too. At the last sampling occasion (2012 autumn) we did not find significant difference between the colonisation values of the plants. Our results on Kékfrankos grape variety show that increased bud load leads to the decrease of mycorrhizal colonization. This is in accordance with previously published results, where others have also found that the rootstocks of higher yield had less intensely colonized roots in terms of the arbuscule number, while in case of the varieties of lower yields, higher arbuscule ratio/colonisation was observed.

In our study in a ten-year-old vineyard on sandy soil of the Kunság wine region, the mycorrhizal colonisation of differently loaded grapes became balanced within two years after unifying their bud load

### 9.3. Changes of mycorrhizal colonization along a moist gradient in a vineyard of Eger

Three sets of experimental blocks were delineated at three different elevations along the slope of the sample vineyard. The lowest part of the plantation had not been cultivated for the decades before vine establishment, because the roughly 1000 m<sup>2</sup> area was often covered with standing water. Due to the high level of precipitation in 2010, the low-lying area was covered with inland water until the end of 2012. However, the precipitation of 2010 (1016 mm) induced inland water till the end of 2012 disappeared, the standing water and high water table destroyed all the grape plants in this area. The lowest lying block (Block I) was adjacent to this area, so that to describe the significant differences regarding water potential of the plants between the three blocks. Samples were taken from the same plots in the spring and autumn. In addition to mycorrhizal colonization, yield and the stem quality were measured. The vine variety investigated was a Pinot Noir grafted on Teleki-Kober 125 AA rootstock, planted in 2001.

The results show that in the spring of 2011 there was significant difference between the number of arbuscules in the roots of the different blocks. During the investigation of the roots sampled in the autumn of 2011 and the spring of 2012 we still found significant difference between the mycorrhizal colonization of the roots from blocks I compared to those from II and roots from block I compared to those from III, and in the number of arbuscules we again found difference between the plants from blocks I compared to block II and between the roots having derived from block I compared to those from block III. The year of 2012 was a dry year in Eger and the inland water evaporated from the lowest part of the vineyard. In the autumn of 2012 we did not observe significant difference between the numbers of arbuscules within the roots deriving from the three blocks, but in terms of arbuscular colonization we saw significant differences in favor for block I. Most likely, the decrease of the soil moisture content contributed to the increased arbuscular colonisation. Moreover, because of the previously unfavourable soil conditions, the nutrient uptake was limited in the first two years close to the inland water area, and the increased AM colonization enabled the uptake of the previously unavailable nutrients (due to the saturated state of the soil) to nutrients available to the vines.

## 10. IRODALOMJEGYZÉK

1. ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D. (1985): Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*. 99 245-255. p.
2. AGUÍN, O., MANSILLA, P., VILARIÑO, A., SAINZ, M. (2004): Effects of Mycorrhizal Inoculation on Root Morphology and Nursery Production of Three Grapevine Rootstocks. *American Journal of Enology and Viticulture*. 55 (1) 108-111. p.
3. ANZANELLO, R., SOUZA, P.V.D., CASAMALI, B. (2011): Use of arbuscular mycorrhizal AMF fungi in micropropagated grape rootstocks. *Bragantia-Revisat de Ciencies Agronomicas*. 70 (2) 409-415. p.
4. AUGÉ, R. M. (2001): Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 11 3-42. p.
5. AZCÓN-AQUILAR, C., BAREA J. M. (1996): Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil borne plant pathogens – an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*. 6 (6) 457-464. p.
6. LŐRINCZ, A., BARÓCSI, Z. (2010): A szőlő metszése és zöldmunkái. Budapest. Mezőgazda Kiadó
7. BAUER, K., FOX, R., ZIEGLER, B. (2004): *Moderne Bodenpflege im Weinbau*. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.
8. BAUMGARTNER, K., SMITH, R.F., BETTIGA, L. (2005): Weed control and cover crop management affect mycorrhizal colonization of grapevine roots and arbuscular mycorrhizal fungal spore populations in a California vineyard. *Mycorrhiza*. 15 (2) 111-119. p.
9. BAUMGARTNER, K. (2003): Why and how. Encouraging beneficial AM fungi in vineyard soil. *Practical Winery and Vineyard*. 14 57 - 60. p.
10. BAVARESCO, L., FOGHER, C. (1992): Effect of root infection with *Pseudomonas fluorescens* and *Glomus mosseae* in improving Fe-efficiency of grapevine ungrafted rootstocks. *Vitis*. 31 163-168. p.
11. BAVARESCO, L., FOGHER, C. (1996): Lime-induced chlorosis of grapevine as affected by rootstock and root infection with arbuscular mycorrhiza and *Pseudomonas fluorescens*. *Vitis*. 35 119-123. p.
12. BAVARESCO, L., CANTU, E., TREVISAN, M. (2000): Chlorosis occurrence,

- natural arbuscular-mycorrhizal infection and stilbene root concentration of ungrafted grapevine rootstocks growing on calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*. 23 1685-1997. p.
13. BAZOFFI, P., CHISCI, G. (1999): Soil conservation techniques in vineyards and peach orchards of the Cesena hilly area. *Riv. Agricola*. 33 177-184. p.
  14. BELEW, D., ASTATKIE, T., MOKASHI, M.N., GETACHEW, Y., PATIL, C. P. (2010): Effects of salinity and mycorrhizal inoculation (*\*Glomus fasciculatum\**) on growth response of grape rootstocks ('Vitis' spp.) *South African Journal for Enology and Viticulture, Stellenbosch*. 31 (2) 82-88. p.
  15. BÉNYEI, F., LŐRINCZ, A. (2005): Borszőlőfajták, csemegeszőlő-fajták és alanyok. Mezőgazda Kiadó, Budapest
  16. BETHLENFALVAY, G.J., FRANSON, R.L. (1989): Manganese toxicity alleviated by mycorrhizae in soybean. *Journal of Plant Nutrition*. 12 953-970.p.
  17. BHARDWAJ, S., DUDEJA, S.S., KHURANA, A.L. (1997): Distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems. *Folia Microbiologica*. 42 (6) 589-594. p.
  18. BIRICOLTI, S., FERRINI, F., RINALDELLI, E., I. TAMANTINI, I., VIGNOZZI, N. (1997): VAM fungi and soil lime content influence rootstock growth and nutrient content. *American Jou Enol. Vitic*. 48 93-99. p.
  19. BIRÓ, B. POSTA, K., FÜZY, A., KÁDÁR, I., NÉMETH, T. (2005): Mycorrhizal functioning as part of the survival mechanisms of barley at long-term heavy metal stress. *Acta Biologica Szegediensis*. 49 65–68. p.
  20. BIRÓ, B., PACSUTA, P. (2009): Talajaink rejtett értékei. *Agrofórum*. V 5-8.
  21. BLEACH, C.M., COPE, R.J., JONES, E.E., RIDGWAY, H.J., JASPERS, M.V. (2008): Impact of mycorrhizal colonisation on grapevine establishment in *Cylindrocarpon* infested soil. *New Zealand Plant Protection*. 61 311-316. p.
  22. BORSZÉKI, É., GÖBLÖS, G., SZENDRŐDY, GY. (1982): Szőlőültetvények takarónövényes talajművelése. Ma újdonság, holnap gyakorlat. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
  23. CALDWELL, M. (1976): Root extension and water stress. In *water and plant life. problems and modern approaches*, Springer -Verlag Ecological Studies, New York, 73-146. p.
  24. CALVET, C., J. PINOCHET, J., HERNÁNDEZ-DORREGO, A., ESTAÚN, V., CAMPRUBÍ, A. (2001): Field microplot performance of the peach-almond hybrid GF677 after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in a replant soil infested

- with root-knot nematodes. Mycorrhiza. 10 285-300. p.
25. CARLILE, M.J., WATKINSON, S.C. (1994): The Fungi. Academic Press Ltd., San Diego.
  26. CARRETERO, C.L., CANTOS, M., TRONCOSO DE ARCE, A.(1999): Efecto de la micorriza vesículo arbuscular en la aclimatación de patrones de vid micropropagados. Vitic. Enol. Profesional. 60 28-36. p.
  27. CELETTE, F., J. WERY, E., CHANTELOT, J., CELETTE, GARY.C. (2005): Belowground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.)- tall fescue (*Festuca arundinacea* Shreb.) intercropping system: Water relations and growth. Plant and Soil. 276 205-217. p.
  28. CHENG, X., BAUMGARTNER, K. (2004): Survey of arbuscular mycorrhizal fungal communities in Northern California vineyards and mycorrhizal colonization potential of grapevine nursery stock. Horticultural Science. 39 1702-1706. p.
  29. CHENG, X., BAUMGARTNER, K.(2006): Effects of mycorrhizal roots and extraradical hyphae on <sup>15</sup>N uptake from vineyard cover crop litter and the soil microbial community. Soil Biology & Biochemistry. 38 2665–2675. p.
  30. CHENG, X., BAUMGARTNER, K. (2005): Overlap of grapevine and cover crop roots enhances interactions among grapevines, cover crops, and arbuscular mycorrhizal fungi. In: Christensen, P., Smart, D. (Eds.), Proceedings of the Soil Environment and Vine Mineral Symposium, 29–30 June 2004, San Diego, CA. American Society of Enology and Viticulture. Davis, CA, USA. 171–174. p.
  31. CHENG, X., EULISS, A., BAUMGARTNER, K. (2008): Nitrogen capture by grapevine roots and arbuscular mycorrhizal fungi from legume cover-crop residues under low rates of mineral fertilization. Biology and Fertility of Soils. 44 7 965–973. p.
  32. CHRISTENSEN, L.P. (2005): Foliar fertilization in vine mineral nutrition management programs, p. 83-90. In: Christensen, L.P. and D.R. Smart (eds.). Proc. of the Soil Environment and Vine Mineral Nutrition Symposium. American Society for Enology and Viticulture, Davis, CA.
  33. CLARK, R.B., ZETO, S.K. (2000): Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. Journal of Plant Nutrition. 23 867-902. p.
  34. CSEPREGI, P. (1982): A szőlő metszése, fitotechnikai műveletei. Budapest. Mezőgazdasági kiadó.
  35. CSIKÁSZNÉ KRIZICS, A., WERNER, J., TESZLÁK, P., KOZMA, P., ÁRVAY, GY. (2011): Mikorrhiza oltás hatása a szőlőtőkék kezdeti fejlődésére. LIII. Georgikon



- Napok, Kivonat-kötet. Keszthely, Magyarország, 2011.09.29-2011.09.30. 51. p.
36. CSIKÁSZ-KRIZSICS, A., BENE, L., KOZMA, P. (2015): A mikorrhizaoltás és az alanyfajta hatása rezisztens szőlőfajták fejlődésére. Kertgazdaság. 47 (1) 21-29. p.
  37. DAVIES, J., PATTER, J.R. F.T., LINDERMAN, R.G. (1992): Mycorrhiza and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development of pepper plants independent of plant size and nutrient content. Plant Physiology. 1939 289-294. p.
  38. DEAL, D.R., BOOTHROYD, C.W, MAI, W.F. (1972): Replanting of vineyards and its relationship to vesiculararbuscular mycorrhiza. Phytopathology. 62 172-175. p.
  39. DELL'AMICO, J., TORRECILLAS, A., RODRIGUEZ, P., MORTE, A., SANCHEZ-BLANCO, M.J. (2002): Responses of tomato plants associated with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* during drought and recovery. Journal of Agricultural Sciences. 138 387-393. p.
  40. DICKIE, I.A., FITZJOHN, R.G. (2007): Using terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP) to identify mycorrhizal fungi: a methods review. Mycorrhiza 17 259–270. p.
  41. DONKÓ, Á., VARGA, T., ZANATHY, G., GÖBLYÖS, J. (2008): Három, különböző talajápolási módszer összehasonlító vizsgálata Tokaj-hegyalján. Fiatal agrárkutatók az élhető Földért konferencia. Összefoglalás. 2008. november 24. Budapest. 38-39. p.
  42. DONKÓ, Á., ZANATHY, G., ERŐS-HONTI, ZS., GÁL, CS., GÖBLYÖS, J., BISZTRAY, GY. D. (2013): Telepítéskor végzett mesterséges mikorrhizálás eredményessége a Kunsági borvidéken. Kertgazdaság. 45 (1) 20-28. p.
  43. DONKÓ, Á., ILLYÉS, E.†, TÖRÖK, P., DREXLER, D. (2013): Fajgazdag szőlősorköz-takarónövényzet magkeverékek vizsgálata és előzetes eredményei magyarországi szőlőültetvényekben. In: Dr. Török Péter szerk. Gyeptelepítés elmélete és gyakorlata az ökológiai szemléletű gazdálkodásban. Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet Közhasznú Nonprofit Kft., Budapest. 83-96. p.
  44. DONKÓ, Á., ZANATHY, G., GÁL, CS., ERŐS-HONTI, ZS. (2013): A telepítéskori mikorrhiza oltás szigetszentmártoni tapasztalatai. Agrofórum, extra-51. 2013. május, 81-83. p.
  45. DONKÓ, Á., MIGLÉCZ, T., VALKÓ, O., DEÁK, B., KELEMEN, A., TÖRÖK, P., ZANATHY, G., TÓTHMÉRÉSZ, B., ZSIGRAI, GY., DREXLER, D. (2015): Jelentősebb potenciális takarónövény-fajok a szőlősorközbe. Agrofórum 61. extra, 48-52. p.

46. DOUDS, D. D., SCHENCK, N. C. (1990): Increased sporulation of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi by manipulation of nutrient regiments. *Applied and Environmental Microbiology*. 56 413-418. p.
47. DOUDS, D.D., GALVEZ, L., FRANKE-SNYDER, M., REIDER, C., DRINKWATER, L.E. (1997): Effect of compost addition and crop rotation point upon VAM fungi. *Agriculture, Ecosystem & Environment*. 65 257-266. p.
48. EGGER, K.N., HIBBETT, D.S.(2004): The evolutionary implications of exploitation in mycorrhizas. *Canadian Journal of Botany*. 82 (8) 11101–1121. p.
49. EISSENSTAT, D.M. (1992): Costs and benefits of constructing roots of small diameter. *Journal of Plant Nutrition*. 15 (6-7) 763–782. p.
50. ERŐS-HONTI, ZS. (2009): Adatok a bükki „őserdő” ektomikorrhiza-közösségéről. Doktori értekezés. *Biológia Doktori Iskola, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest*.
51. FARDOSI, A. (2001): Einfluss von Stressfaktoren auf die Weinrebe. *Der Winzer*. 112-113. p.
52. FRANCIS, R., READ, D.J. (1984): Direct transfer of carbon between plants connected by vesicular arbuscular mycorrhizal mycelium. *Nature*. 307 53–56. p.
53. FRANK, B.F. (1885): Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch Pilze. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*. 3 128-145. p.
54. FRANK, A.B., TRAPPE, J.M. (2005): On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with belowground fungi (an English translation of A.B. Frank's classic paper of 1885). *Mycorrhiza*. 15 (4) 267–75. p.
55. GÁL, CS. (2011): A rügyterhelés hatása a Kékfrankos fajta vegetatív és generatív teljesítményére, fagykárosodásának mértékére, valamint borának minőségére Szigetcsépen. Szakdolgozat. *Budapesti Corvinus Egyetem, Szőlészeti Tanszék, Budapest*
56. GALVEZ, L. DOUDS JR, D.D. WAGONER, P. LONGNECKER, L.R. DRINKWATER, L.E., JANKE, R.R. (1995): An overwintering cover crop increases inoculum of VAM fungi in agricultural soil. *American Journal of Alternative Agriculture*. 10 152-156. p.
57. GAFFNEY, F.B., VAN DER GRINTEN, M. (1991): Permanent cover crops for vineyards. In *Cover Crops for Clean Water*. W.L. Hargrove (ed.). Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA. 32-33. p.
58. GEBBING, H., SCHWAB, A., ALLEWELDT, G. (1977): Mikorrhiza der Rebe. *Vitis*. 16 279-285. p.

59. GIANINAZZI, S., GOLLOTTE, A., BINET, M.N., VAN TUINEN, D., REDECKER, D., WIPF, D. (2010): Agroecology: the keyrole of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*. 20 519-530. p.
60. GIOVANNETTI, M, MOSSE, B. (1980): An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84 489-500. p.
61. GORDON, D.R., RICE, K.J. (1993): Competitive effects of grassland annuals on soil water and blue oak (*Quercus douglashii*) seedlings. *Ecology*. 74 68-82. p.
62. GÖBLYÖS, J., ZANATHY, G., DONKÓ, Á., VARGA, T., BISZTRAY, GY. D. (2012): Comparison of three soil managment methods in the Tokaj wine region. *Mitteilungen Klosterneuburg*. 61 (4) 187-195. p.
63. GRAHAM, J.H., (2001): What do pathogens see in mycorrhizas? *New Phytol.* 149 357-359. p.
64. HAJDU, E. (2003): Magyar szőlőfajták. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
65. HAYNES, J. R. (1980): Influence of soil management practice on the orchard agroecosystem. *Agro-ecosystems*. 6 3-32.p.
66. HODGE, A., CAMPBELL, C.D., FITTER, A.H. (2001): An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature*. 413 297–299. p.
67. HOFMANN, U., KÖPFER, P., WERNER, A. (2008): Ökológiai szőlőtermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
68. JAKOBSEN, I., ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D. (1992): External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. I. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. *New Phytol.* 120 371-380. p.
69. JANSÁ, J., MOZAFAR, A., KUHN, G., ANKEN, T., RUH, R., SANDERS, I. R., FROSSARD, E. (2003): Aoil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Ecological Applications*. 13 (4) 1164–1176. p.
70. JOHNSON, N.C., GRAHAM, J-H., SMITH, F.A. (1997): Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism–parasitism continuum. *New Phytol.* 135 (4) 575–585. p.
71. KABIR, Z., O'HALLORAN, I.P., FYLES, J.W., HAMEL, C. (1997): Seasonal changes of arbuscular mycorrhizal fungi as affected by tillage practices and fertilization: Hyphal density and mycorrhizal root colonization. *Plant and Soil*. 192 (2) 285-293. p.
72. KABIR, Z., O'HALLORAN, I.P., WIDDEN, P., HAMEL, C. (1998): Vertical distribution of arbuscular mycorrhizal fungi under corn (*Zea mays* L.) in no-tillage

- and conventional tillage systems. *Mycorrhiza*. 8 53-55. p.
73. KARAGIANNIDIS, N., NIKOLAU, N. (2000): Influence of Arbuscular Micorrhizae on Heavy Metal (Pb and Cd) Uptake, Growth, and Chemical Composition on *Vitis vinifera* L. (cv. Razaki). *American Journal of Enology and Viticulture*. 51 3 269-275.p.
  74. KARAGIANNIDIS, N., NIKOLAOU, N. (1999): Arbuscular mycorrhizal root infection as an important factor of grapevine nutrition status. Multivariate analysis application for evaluation and characterization of the leaf and soil parameters. *Agrochimica*. 43 151-165. p.
  75. KARAGIANNIDIS, N., NIKOLAOU, N., MATTHEOU, A. (1995): Wirkung dreier VA-Mykorrhizapilze auf Ertrag und Nährstoffaufnahme von drei Unterlagen und einer Tafeltraubensorte. *Vitis*. 34 85-89. p.
  76. KARAGIANNIDIS, N., VELEMIS, N.D., STAVROPOULOS, N. (1997): Root colonization and spore population by VA-mycorrhizal fungi in four grapevine rootstocks. *Vitis*. 36 57-60. p.
  77. KENNEDY, J.A., MATTHEWS, M.A., WATERHOUSE, A.L. (2002): Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *American Journal of Enology and Viticulture*. 53 268-274.p.
  78. KOTHARI, S. K., MARSCHNER, H., RÖMHELD, V. (1990): Direct and indirect effects of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on acquisition of mineral nutrients by maize (*Zea mays* L.) in calcareous soil. *New Phytol*. 116: 637-645. p.
  79. KOTHARI, S. K., MARSCHNER, H., RÖMHELD, V. (1991): Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere microorganisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations in maize (*Zea mays* L.). *New Phytol*. 117:649-655.
  80. KOZMA, P. (1993): A szőlő és termesztése II. Budapest. Akadémiai Kiadó.
  81. KRISHNA, H., SINGH, S.K., SHARMA, R.R., KHAWALE, R.N., GROVER, M., PATEL, V.B. (2005): Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation during ex vitro acclimatization. *Scientia Horticulturae*. 106 554-567. p.
  82. LÁSZLÓ, GY. (2011): Új öko-projekt: ECOWIN – Természetvédelem a szőlőtermesztés ökológizálásán keresztül. *Biokultúra*. 22 (4) 14-15. p.
  83. LIAN, C., NARIMATSU, M., NARA, K., HOGETSU, T. (2006): *Tricholoma matsutake* in a natural *Pinus densiflora* forest: correspondence between above- and

- below-ground genets, association with multiple hosttrees and alteration of existing ectomycorrhizal communities. *New Phytol.* 171 825–836. p.
84. LINDERMAN, R.G., DAVIS, E.A. (2001): Comparative response of selected grapevine rootstocks and cultivars to inoculation with different mycorrhizal fungi. *American Journal of Enology and Viticulture.* 52 8-11. p.
  85. LISA, L., PARENA, S., GIORDA, F. (1991): Trials of reduced soil tillage in northern Monferrato hillside vineyards. Technical, economic and agronomical aspects. *Proceedings of the Third International Symposium on No-tillage and Other Soil Management Techniques in Vines; Montpellier, 3-7 July; 193-199 p.*
  86. LOVATO, P., GUILLEMIN, J.P., GIANINAZZI, S. (1992): Application of commercial arbuscular endomycorrhizal fungal inoculants to the establishment of micropropagated grapevine rootstock and pineapple plants. *Agronomie.* 12 873-880.
  87. MAHDAVI, A., REZAEEDANESH, Y., ABBASI, A., MAHDAVI, F., JAMAATI-E-SOMARIN, S. (2012): Study of occurrence and diversity of \*Arbuscular mycorrhiza\* fungi associated with grapevine rhizosphere in west Azerbaijan province in Iran.- *African Journal of Microbiological Research.* 6 (6) 1238-1242. p.
  88. MAIGRE, D., MURISIER, F. (1992): Comparaison de techniques d'entretien des sols viticoles dans trois sites pedoclimatiques differents de Suisse romande. *Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture.* 24.
  89. MALLOCH D. W., PIROZYNSKI K. A., RAVEN P. H. (1980): Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbiosis in vascular plants (review). *Proceedings of the National academy of Science, USA.* 77 2113-2118. p.
  90. MARSCHNER, A., DELL, B. (1994): Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil.* 159 89-102. p.
  91. MARSCHNER, H. (1997): Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London
  92. MATTHEWS, M.A., ANDERSON, M.M. (1989): Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): Responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture.* 40 52-60.p.
  93. MATTHEWS, M.A., ISHII, R., ANDERSON, M.M., O'MAHONY, M. (1990): Dependence of wine sensory attributes on vine water status. *Journal of Sciences and Food Agriculture.* 51 321-335.p.
  94. MEDIZINISCHES LABOR BREMEN (2013): Determination of Glyphosate residues in human urine samples from 18 European countries. Medical Laboratory Bremen, Haferwende 12, 28357 Bremen, Germany

95. MENGE, J.A., RASKI, D.J., LIDER, L.A., JOHNSON, E.L.V., JONES, N.O., KISSLER, J.J., HEMSTREET, C.L. (1983): Interactions between mycorrhizal fungi, soil fumigation, and growth of grapes in California. *American Journal of Enology and Viticulture*. 34 117-121. p.
96. MEYER, A.H., BOTHA, A., VALENTINE, A.J., ARCHER E, LOUW, P.J.E. (2005): The Occurrence and Infectivity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Inoculated and Uninoculated Rhizosphere Soils of Two-year-old Commercial Grapevines. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 26 (2) 90-94.p.
97. MEYER, A.H., VALENTINE, A.J., BOTHA, A., ARCHER, E., LOUW, P.J.E. (2004): Young grapevine response and root colonisation following inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 25 1 26 – 32. p.
98. MIGLÉCZ, T., DONKÓ, Á., VALKÓ, O., DREXLER, D., TÓTHMÉRÉSZ, B. (2014): Development of species rich cover crop seed mixtures in Hungarian organic vineyard farming. In: Takácsné György Katalin (szerk.) *Az átalakuló, alkalmazkodó mezőgazdaság és vidék: tanulmányok: XIV. Nemzetközi Tudományos Napok: Gyöngyös, 2014. március 27-28.. 1657 p. Konferencia helye, ideje: Gyöngyös, Magyarország, 2014.03.27-2014.03.28. Gyöngyös: Károly Róbert Főiskola, 2014. 1059-1065. p. (ISBN:978-963-9941-76-2)*
99. MIGLÉCZ, T, DONKÓ, Á., VALKÓ, O., DEÁK, B, TÖRÖK, P., KELEMEN, A., DREXLER, D., TÓTHMÉRÉSZ, B. (2015): Szőlősorköz takarónövényzet létrehozására szolgáló magkeverékekkel kapcsolatos tapasztalatok. *Természetvédelmi Közlemények*. 21. p.
100. MOHR, H. D. (1994): Verteilung und Mykorrhizierung der Wurzeln von Reben und Begrünungspflanzen im Boden - Methodik und Anwendungsbeispiele. *Begrünung im Weinbau. "Förderungsdienst", Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Sonderausgabe Wien*, 60-68. p.
101. MORTIMER, P. E., ARCHER, E., VALENTINE, A. J. (2005): Mycorrhizal C costs and nutritional benefits in developing Grapevines. *Mycorrhiza*. 15 3 159–165. p.
102. MUNDY, D.C., ALSPACH, P.A. , DUFAY, J. (2005): Grass grub damage and mycorrhizal colonisation of grapevine rootstocks. *New Zealand Plant Protection*. 58 234-238. p.
103. NAGAHASHI, G., DOUDS JR., D. D., ABNEY, G. D. (1996): Phosphorus amendment inhibits hyphal branching of the VAM fungus *Gigaspora margarita* directly and indirectly through its effect on root exudation. *Mycorrhiza*. 6 (5) 403-

408. p.

104. NAPPI, P., JODICE, R., LUZZATI, A., CORINO, L. (1985): Grapevine root system and VA mycorrhizae in some soils of Piedmont (Italy). *Plant Soil*. 85 205-210.p.
105. NEMEC, S. (1997): Longevity of microbial biocontrol agents in a planting mix amended with *Glomus intraradices*. *Biocontrol Sciences Technology*. 7 183-192. p.
106. NIKOLAOU, N., ANGELOPOULOS, K., KARAGIANNIDIS, N. (2003): Effects of drought stress on mycorrhizal and non-mycorrhizal Cabernet Sauvignon grapevine, grafted onto various rootstocks. *Exp. Agric.* 39 241-252. p.
107. NOGALES, A., CAMPRUBÍ, A., ESTAÚN, V., CALVET C. (2008): Mycorrhizal inoculation of grapevines in replant soils: improved field application and plant performance. *Mycorrhiza application in sustainable agriculture and natural systems*. COST Action 870. Working groups 2 and 4. Thessaloniki, Greece, 17-19 September. 12-15. p.
108. NOGALES, A., LUQUE, J., ESTAÚN, V., CAMPRUBÍ, A., GARCIA-FIGUERES, F., CALVET, C. (2009): Differential Growth of Mycorrhizal Field-Inoculated Grapevine Rootstocks in Two Replant Soils. *American Journal of Enology and Viticulture*. 60 (4) 484-489. p.
109. OMAR, A. E. K. (2007): Rooting and growth response of grapevine nurslings to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and irrigation intervals. *Journal of Applied Horticulture*. 9 (2) 108-111. p.
110. Pannon Egyetem Agrártudományi Centrum Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet laboratóriuma, Badacsony (2014, 2015): Jegyzőkönyv.
111. PATRICK, A.E., SMITH, R., KECK, K., BERRY, A.M. (2004): Grapevine uptake of <sup>15</sup>N-labeled nitrogen derived from a winter-annual leguminous cover-crop mix. *American Journal of Enology and Viticulture*. 55 2 187–190. p.
112. PETGEN, M. (2004): Mykorrhiza-Vorkommen im Weinberg. Wie wirkt sich die Begrünung aus? *Das Deutsche Weinmagazin*. 14 29-33. p.
113. PETGEN, M. (2004): Mykorrhiza-Pilze in Weinbergen: Kleine Helfer an der Wurzel. *Das Deutsche Weinmagazin* 12 14-19.
114. PETGEN, M. (2004): Mykorrhizierung von Reben: Wie wirkt sich Ozon aus? *Das Deutsche Weinmagazin*. 16-17 (7) 23-27. p.
115. PETGEN, M. (2005): Mykorrhizapilze. Teil I. Einsatz in Rebschulen. *Das Deutsche Weinmagazin*. 3 20-23. p.
116. PETGEN, M. (2005): Praktische Anwendung von Mykorrhizapilzen im Weinbau, Teil II. Einsatz in den Topfreben. *Das Deutsche Weinmagazin*. 4 29-33. p.

117. PETGEN, M., SCHROPP, A., MARSCHNER, H., RÖMHELD, V. (1997): Untersuchungen über das Vorkommen der arbuskularen Mykorrhiza in verschiedenen Rebschuldböden der Pfalz sowie deren praktische Anwendung in der Rebschule. Mitt. Biol. Bundesanst. Land – und Forstwirtschaft. Berlin Dahlem, Heft 332 32-46. p.
118. PETGEN, M., SCHROPP, A., GEORGE, E., RÖMHELD, V. (1998): Einfluss unterschiedlicher Inokulationstiefen mit dem arbuskulären Mykorrhizapilz *Glomus mosseae* auf die Mykorrhizierung bei Reben (*Vitis* sp.) in Wurzelbeobachtungskästen. Vitis. 37 99-105. p.
119. PETIT, E., WALTER DOUGLAS GUBLER, W. D. (2006): Influence of *Glomus intraradices* on Black Foot Disease Caused by *Cylindrocarpon macrodidymum* on *Vitis rupestris* Under Controlled Conditions. Plant Disease. 90 (12) 1481-1484. p.
120. PINAMONTI, F., STEFANINI, M., DALPIAZ, A. (1996): Soil management effects on nutritional status and grapevine performance. Viticultural and Enological Sciences. 51 76-82.p.
121. PINKERTON, J. N., SCHREINER, R. P., IVORS, K. L., VASCONCELOS, M. C. (2004): Effects of *Mesocriconea xenoplax* on *Vitis vinifera* and Associated Mycorrhizal Fungi. Journal of Nematology. 36 (3) 193–201. p.
122. POSSINGHAM, J. V., OBBINK, J. G. (1971): Endotrophic mycorrhiza and the nutrition of grape vines. Vitis. 10 120-130. p.
123. RAJAPAKSE, S., MILLER, J.R., CREIGHTON, J. (1992): in: Methods in microbiology. Volume 24. eds: Norris, J.r., Read, D.J., Varma, A.K. Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. Academic Press, London. 301-317. p.
124. RENGEL, Z. (2002): Breeding for better symbiosis. Plant and Soil. 245 147–162. p.
125. RIDGWAY, H.J., KANDULA, J., STEWART, A. (2006): Optimising the medium for producing arbuscular mycorrhizal spores and the effect of inoculation on grapevine growth. New Zealand Plant Protection. 59 338-342. p.
126. ROBY, G., HARBERTSON, J.F., ADAMS, D.A. , MATTHEWS, M.A. (2004): Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. Australian Journal of Grape Wine Research. 10 100-107. p.
127. RYAN, M.H., GRAHAM, J.H. (2002): Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture. Plant and Soil. 244 263-271. p.
128. SCHELLENBAUM, L., BERTA, G., RAVOLANIRIA, A., B. TISSERANT, GIANNAZZI, S., FITTER, A.H. (1991): Influence of endomycorrhizal woody plant species (*Vitis vinifera* L.). Annals Botany. 68 135-141. p.



129. SCHREINER, R.P., BETHLENFALVAY, G.J. (2003): Crop residue and Collembola interact to determine the growth of mycorrhizal pea plants. *Biological Fertility of Soils*. 39 (1) 1–8. p.
130. SCHREINER, R. P. (2005): Spatial and temporal variation of roots, arbuscular mycorrhizal fungi, and plant and soil nutrients in a mature Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) vineyard in Oregon. USA *Plant and Soil*. 276 (1-2) 219–234.p.
131. SCHREINER, R. P. (2007): Effects of native and nonnative arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of ‘Pinot noir’ (*Vitis vinifera* L.) in two soils with contrasting levels of phosphorus. *Applied soil ecology*. 36 (2-3) 205 – 215. p.
132. SCHREINER, R. P., LINDERMAN, R. G. (2005): Mycorrhizal Colonization in Dryland Vineyards of the Willamette Valley, Oregon. *Small Fruits Review*. 4 (3) 41 – 55. p.
133. SCHREINER, R.P., TARARA, J.M., SMITHYMAN, R. (2007): Deficit irrigation promotes arbuscular colonization of fine roots by mycorrhizal fungi in grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Mycorrhiza*. 17 551-562. p.
134. SCHREINER, R.P., PINKERTON, J.N. (2008): Ring nematodes (*Mesocriconema xenoplax*) alter root colonization and function of arbuscular mycorrhizal fungi in grape roots in a low P soil. *Soil Biology & Biochemistry*. 40 1870–1877. p.
135. SCHREINER, RP., KOIDE, R.T. (1993): Antifungal compounds from the roots of mycotrophic and non-mycotrophic plant species. *New Phytol*. 123 99-105.p.
136. SCHREINER, R.P. (2003): Mycorrhizal Colonization of Grapevine Rootstocks under Field Conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*. 54 (3) 143-149. p.
137. SCHREINER, R.P. (2005): Mycorrhizas and mineral acquisition in grapevines. In.: Christensen LP., Smart DR. *Proceedings of the Soil Environment and Vine Mineral Nutrition Symposium*. American Society for Enology and Viticulture, Davis. 49-60. p.
138. SCHUBERT, A., MAZZITELLI, M., ARIUSSO, O., EYNARD, I. (1990): Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on micropropagated grapevines: Influence of endophyte strain, P fertilization and growth medium. *Vitis*. 29 5-13. p.
139. SCHUBERT, A., CRAVERO, M.C. (1985): Occurrence and infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in north-western Italy vineyards. *Vitis*. 24 129-138. p.
140. SCHUBERT, A., CAMMARATA, S., EYNARD, I. (1988): Growth and colonization of grapevines inoculated with different mycorrhizal endophytes. *Horticultural Science*. 23 302-303. p.
141. SERES, A., BAKONYI, G., POSTA, K. (2003): Ugróvillások (Collembola) szerepe a *Glomus mosseae* (Zygomycetes) arbuszkuláris mikorrhiza gomba terjesztésében.

Álattani Közlemények. 88 (1) 61–71. p.

142. SERES, A. (2009): A mikorrhiza-ugróvillás (*Collembola*) kapcsolatok szerepe akukorica tápanyagfelvételében. Doktori értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő
143. SIDDIQUI, Z. A., MAHMOOD, I. (1995): Role of plant symbionts in nematode management: a review. *Bioresource Technology*. 54 217-226. p.
144. SIEVERDING, E.(1991 Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn*. 371 52-54. p.
145. SMITH, S.E., READ, D.J. (1997): *Mycorrhizal Symbiosis*. 2nd ed. Academic Press London. 605. p.
146. SMITH, S.E., GIANINAZZI-PEARSON, V., KOIDE, R. CAIRNEY, J.W.G. (1994): Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis. *Plant and Soil*. 159 103-113. p.
147. STADDON, P. L. M., RAMSEY, C. B., OSTLE, N., INESON, P., FITTER, A. H. (2003): Rapid turnover of hyphae of mycorrhizal fungi determined by AMS microanalysis of <sup>14</sup>C. *Science*. 300 1138-1140. p.
148. SWEET, R.M., SCHREINER, R.P. (2010): Alleyway Cover Crops Have Little Influence on Pinot noir Grapevines (*Vitis vinifera* L.) in Two Western Oregon Vineyards. *American Journal of Enology and Viticulture*. 61 (2) 240-252.p.
149. TAKÁCS, T., VÖRÖS, I. (2003): Effect of metal non-adapted arbuscular mycorrhizal fungi on Cd, Ni and Zn uptake by ryegrass. *Acta Agronomica Hungarica*. 51 (3) 347-354. p.
150. TAN, S., CRABTREE, G.D. (1990): Competition between perennial ryegrass sod and 'Chardonnay' wine grapes for mineral nutrients. *Horticultural Science*. 25 533-535.p.
151. TESIC, D., KELLER, M., HUTTON, J. (2007): Influence of Vineyard Floor Management Practices on Grapevine Vegetative Growth, Yield and Fruit Composition. *American Journal of Enology and Viticulture*. 58 1-11.p.
152. TESZLÁK, P., GAÁL, K., CSIKÁSZ-KRIZSICS, A. (2015): A mikorrhiza oltás hatása a szőlő vegetatív növekedésére, a levlek vízhasznosítási együtthatójára és fotoszintetikus teljesítményére. *Borászati Füzetek külön kiadványa. Szőlőtermesztési és Borászati Tudományos Konferencia, Budapest, MTA, 2015. június 30. 75-77. p.*
153. TINKER, P. B. (1982): Mycorrhizae: The present situation. In: *Weather Soil Research Transactions of the 11<sup>th</sup> International Congress of Soil Science*. 150-166. p.
154. TOBAR, R., AZCÓN, R., BAREA, J.M. (1994): Improved nitrogen uptake and

- transport from <sup>15</sup>N-labelled nitrate by external hyphae of arbuscular-mycorrhiza under water-stressed conditions. *New Phytol.* 126 119-122. p.
155. VIGO, C., NORMAN, J.R., HOOKER, J.E. (2000): Biocontrol of the pathogen *Phytophthora parasitica* by arbuscular mycorrhizal fungi is a consequence of effects on infection loci. *Plant Pathology.* 49 509-514. p.
  156. WRIGHT, S. F., UPADHYAYA, A. (1998): A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 198 97-107. p.
  157. WRIGHT, S.F., STARR, J.L., PALTINEANU, I.C. (1999): Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage management transition. *Soil Science Society of American Journal.* 63 1825-1829. p.
  158. WULFF, K. (1996): Einfluss von Kulturmassnahmen auf die AM in landwirtschaftlichen Nutzflächen. Dissertation am Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 106. p. Verlag Ulrich E. Grauer, Stuttgart 1996.
  159. VAN HUYSSTEEN, L., WEBER, H.W. (1980): The effect of selected minimum and conventional tillage practices in vineyard cultivation on vine performance. *South African Journal of Enology Viticulture.* 1 77-83. p.
  160. VARGA, I. (1994): A talajtakarás szerepe a dombvidéki szőlőtermesztésben. Kandidátusi értekezés, Eger
  161. VARGA, P., MÁJER, J. (2004): The use of Organic Wastes for Soil-covering of Vineyards. *Acta Horticulturae.* 652 191-197. p.
  162. VARGA, P., MÁJER, J., NÉMETH, CS., NÉMETHY, L., SZABÓ, I. (2005): Szőlőültetvények talajtakarásának hatása a talaj és a levél tápelem-tartalmára, a termésmennyiségére és minőségére. *Agrofórum.* 12 47-49. p.
  163. VARGA P., MÁJER J., NÉMETH CS. (2007): Tartós és időszakos növénytakarásos eljárások a szőlőültetvények talajművelési rendszereiben. Lippay-Ormos-Vas Tudományos ülésszak kiadványa 2007. november 7-8.
  164. WANG, B., QIU, Y-L. (2006): Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza.* 16 299–363. p.
  165. YU, TEJ-C., EGGER, K.N., PETERSON, R.L. (2001): Ectendomycorrhizal associations – characteristics and functions. *Mycorrhiza.* 11 167–177. p.
  166. ZANATHY, G., DONKÓ, Á., LUKÁCSY, GY., BODOR, P., BISZTRAY, GY. D. (2011): A mikorrhiza gombák jelentősége a szőlőtermesztésben. *Kertgazdaság,* 43 (1) 34-46. p.

167. ZANATHY, G., DONKÓ, Á. (2012): Gombatársak. Kertészet és Szőlészet. 17 16-17. p.

## 11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Zanathy Gábor és Dr. Erős-Honti Zsolt témavezetőimnek pótolhatatlan segítségükért, valamint a Szőlészeti Tanszék munkatársainak, hogy segítségével hozzájárultak a munka elvégzéséhez. Köszönöm Dr. Ladányi Márta segítségét a statisztikai analízisekben.

Köszönöm a Szigetcsépi Tangazdaság, a Gál Szőlőbirtok és Pincészet, valamint nem utolsó sorban a Villangó Szőlőbirtok vezetőinek/munkatársainak, hogy kísérleti helyszíneket biztosítottak számomra.

Köszönöm a családom türelmét és segítségét, hogy a kutatás és a disszertáció elkészülhetett.